

# 業 務 年 報

Annual Report of  
Akita Industrial Technology Center

2015

秋田県産業技術センター

## ご 挨拶

秋田県産業技術センターは、個々の研究員が持つ要素技術や蓄積した知財、導入した設備などの経営資源を有効に、しかも最大限に活用して、秋田県の産業振興に寄与する役割を担っています。

産業振興、すなわち産業を元気にするという事は、高い付加価値を生み出せる製造業が今後も力強く成長していくことが大前提になります。そのためには、個々の企業が、開発型あるいは提案型の企業として、自らを売り込んでいけるようになる必要があります。ただ、自社だけの努力では難しい面もあり、力強いサポーターが必要です。そこにこそ産業技術センターの役割があると言っても過言ではありません。

秋田県産業が持続的に発展して雇用を確保していくために、当センターのミッションとして「売れるものづくりクラスター」を掲げて11年になります。輸送機産業、医療機器産業、新エネルギー産業といった秋田の強みでもあり成長が期待される分野に、従来から強みのある電子デバイス産業の技術を絡めて売れるものを開発していこうというものです。これだったら絶対誰にも負けないというオリジナルのコア技術を磨いて、それを核とした製品開発、それを基にした技術支援により、企業の売れるものづくりを支援してきました。こうした取り組みの結果、航空機産業では企業が国際的な航空機部品製造の特殊工程認証「Nadcap (ナドキャップ)」をメッキ後の研磨工程部門 (Grinding of coating) において日本初の認証取得、また医療機器では電界非接触攪拌技術を使って癌の分子標的薬が適合するかを短時間で計測できるシステムの開発に経産省の資金を獲得した他、電気・電子関連では非接触給電タイプの水素水生成器の上市など順調に成果が出ています。

また、そうした「売れるものづくりクラスター」の中核となり、現在もこれからも日本の力の源泉となるのは中小企業です。一昨年度から「秋田県中小企業振興条例」に基づき、御用聞きだけではない提案型の企業訪問である「技術コンシェルジュ事業」を行っています。輝く技術を持っていても、それを活かして市場開拓をする、製品開発をする、あるいは他の技術を持つ企業と連携するなどの取り組みになかなか一歩を踏み出せないでいる中小企業に対して軽く背中を押す事業です。

これからも、「技術支援」、「研究開発」、「成果普及」の3つの機能をもとに、互いのシナジー効果も含めて県内産業の振興に資するため、より一層の努力をして参りますので、日頃、ご指導をいただいている関係各位に心より感謝を申し上げますとともに、変わらぬご支援を賜りますようお願い申し上げます。

平成28年6月  
秋田県産業技術センター所長  
鎌田 悟



# 目 次

I	総 説	1
1.	沿 革	2
2.	規 模	2
3.	組織・業務体制	3
4.	決 算	8
5.	導入機械設備一覧	9
6.	業務実績概況	11
7.	「産業新生技術イノベーション事業」の概況	12
II	事業報告	18
1.	研究関連契約	19
2.	技術支援加速化事業（技術コンシェルジュ事業）	19
3.	施設・設備利用状況	23
4.	技術研究会活動	24
5.	人材育成	32
III	研究成果・広報活動	33
1.	研究成果報告会の概要	34
2.	研究成果概要	36
3.	所内見学	45
IV	研究報告	46
1.	産業新生技術イノベーション事業	47
2.	研究推進	86
V	資 料	115
1.	沿革詳細	116
2.	特許出願・登録状況	118
3.	各技術研究会の概要	122
VI	当センターのご利用について	123
1.	秋田県産業技術センターの所在とアクセス	124
2.	秋田県産業技術センター施設・設備利用のご利用案内	126



# I 総説

## 1. 沿革

昭和 3 年 7 月	秋田市土手長町に、秋田県工業試験場工芸部を設置。
昭和 12 年 5 月	秋田県工業指導所と改称し、秋田市茨島に移転。
昭和 17 年 1 月	秋田県角館権工芸指導所設立。
昭和 21 年 4 月	秋田県川連漆工芸指導所設立。
昭和 30 年 9 月	秋田県工業試験場と改称。 秋田県角館権工芸指導所、秋田県川連漆工芸指導所の名称を、 それぞれ秋田県工業試験場角館指導所、秋田県工業試験場川連指導所と改称。
昭和 36 年 6 月	秋田県工業試験場に秋田県工業試験場能代指導所、同大館指導所を設置。
昭和 43 年 3 月	秋田県工業試験場角館指導所を廃止。
昭和 43 年 4 月	工業試験場大館指導所を秋田県林業試験場へ移管。
昭和 57 年 10 月	秋田県工業技術センターと改称し、秋田市新屋町字砂奴寄に新築、移転。
昭和 58 年 3 月	秋田県工業技術センター能代指導所を廃止。
平成 4 年 11 月	秋田県高度技術研究所設立。
平成 11 年 3 月	秋田県工業技術センター川連指導所を廃止。
平成 17 年 5 月	工業技術センターと高度技術研究所との統合により 秋田県産業技術総合研究センター設立。
平成 23 年 4 月	秋田県産業技術センターと改称。

## 2. 規模

### 2-1 土地・建物

	敷地面積(m <sup>2</sup> )	建物面積(m <sup>2</sup> )
本館 (秋田市)	34,466.00	9,552.95
高度技術研究館 (秋田市)	23,107.12	6,611.34
合計	57,573.12	16,164.29

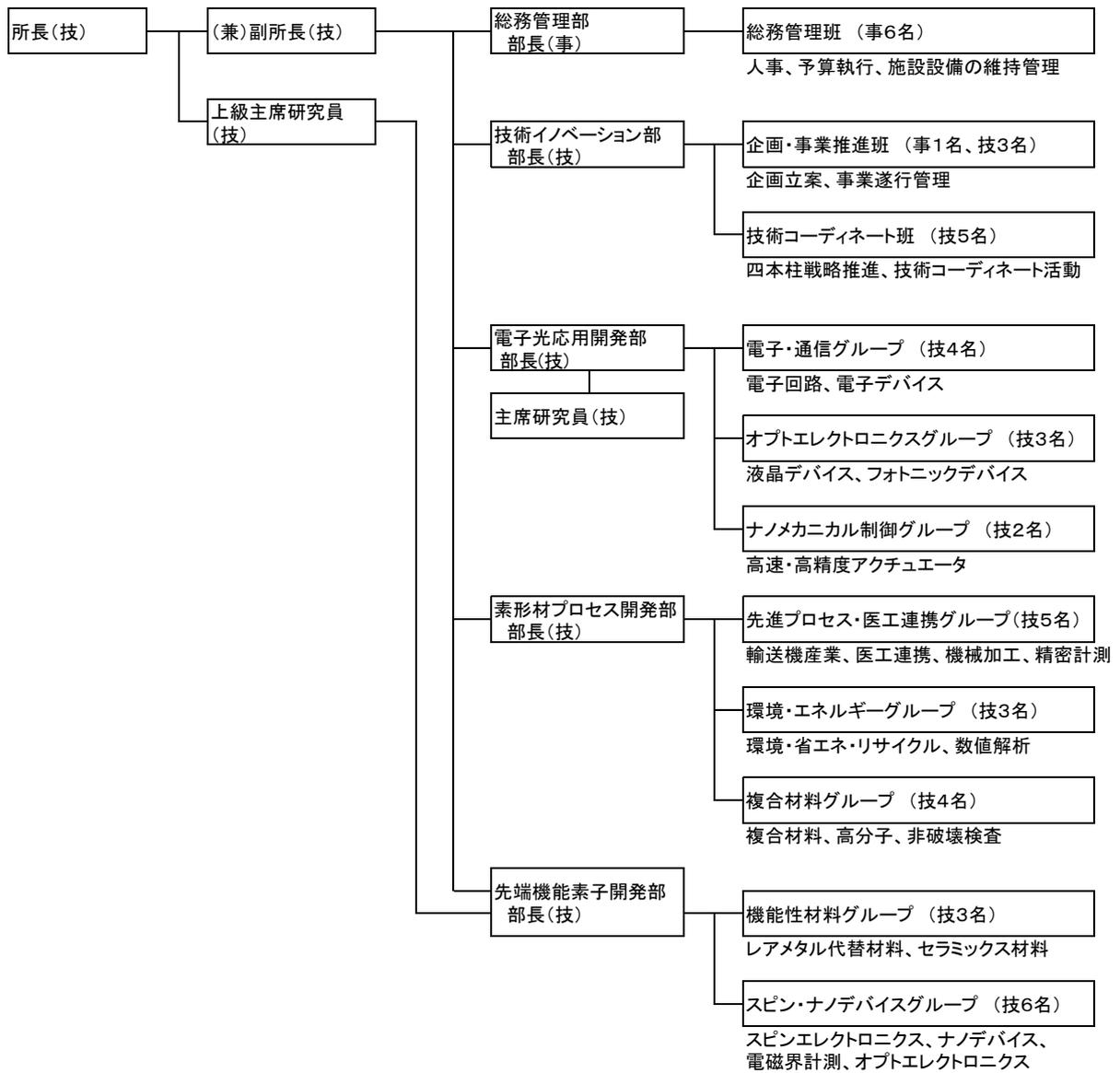
### 2-2 人員

平成27年4月1日現在

	技術系	事務系	嘱託	臨時	計
所長、副所長、上級主席研究員、 総務管理部	3	7	4	2	16
技術イノベーション部	9	1	4	0	14
電子光応用開発部	11	0	1	0	12
素形材プロセス開発部	13	0	4	0	17
先端機能素子開発部	10	0	1	0	11
合計	46	8	14	2	70

### 3. 組織・業務体制

#### 3-1 組織図 平成27年4月1日現在



### 3-2 職員・業務分担

平成27年4月1日現在

- 秋田県産業技術センター 所長 鎌田 悟  
秋田県産業技術センター 副所長 赤上 陽一 (本務 秋田県産業労働部次長)  
秋田県産業技術センター 上級主席研究員 山川 清志

#### ○ 総務管理部

組織名	職名	氏名	主な業務
総務管理班	部長	鎌田 宣男	総務管理部門の総括
	主幹 (兼) 班長	夏井 耕悦	班の総括、連絡調整、人事、サービス、福利厚生、公印管理、文書主任、監査・検査、労働安全衛生
	副主幹	竹内 洋之	文書副主任、歳入 (副)、歳出 (本館)
	主査	梅田 浩彰	予算・決算 (高技館)、歳出 (高技館)、外部資金経理 (高技館)、施設設備維持管理 (高技館・正)、物品管理 (高技館・副)、情報化リーダー
	主査	金澤 恭彦	予算・決算 (総括)、物品取扱員、歳入 (正)、歳出 (本館)、物品管理 (本館・副)、財産管理、施設設備維持管理 (本館・正)、情報化リーダー
	主査	岩野 亜衣子	給与、歳出 (本館)、物品管理 (本館・正)、外部資金経理 (本館)、歳入歳出外現金、公共料金、科研費、情報化リーダー
	主任	須釜 健一	物品管理 (高技館・正)、歳入 (副)、歳出 (高技館)、施設設備維持管理 (高技館・副)、情報化リーダー

○ 技術イノベーション部

組織名	職名	氏名	主な業務
	部長	佐藤 明	技術イノベーション部門の総括
企画・事業推進班	主幹 (兼) 班長	工藤 公樹	班の総括、企画立案・事業遂行管理の総括、政策予算(正)、設備管理(正)
	(兼) 主幹	斉藤 耕治	東北航空宇宙産業研究会・秋田輸送機コンソーシアム(正) 【本務：地域産業振興課技術振興班主幹(兼)班長】
	主任研究員	熊谷 健	議会对応・本課対応(正)、産技連関連(正)、学術管理(正)、ネットワーク管理(正)、政策予算(副)、設備管理(副)、共同研究・受託研究・知財管理(副)
	主査	高橋 浩樹	共同研究・受託研究・競争的資金・受託研修・知財管理・開放研究室(正)、政策予算(副)、設備管理(副)、議会对応・本課対応(副)、産技連関連(副)
技術コーディネート班	上席研究員 (兼) 班長	千葉 隆	班の総括、四本柱戦略の推進、外部資金獲得支援、電子デバイス産業コーディネート(正)
	上席研究員	松倉 和浩	技術支援加速化事業(正)、地域資源・環境エネルギー産業コーディネート(正)、情報発信(正)、業務年報(正)
	上席研究員	菅原 靖	技術支援加速化事業(正)、機能性材料開発・各種分析(正)
	主任研究員	岡田 紀子	技術支援加速化事業(正)、輸送機産業コーディネート・認証取得支援(正)、東北航空宇宙産業研究会・秋田輸送機コンソーシアム(副)
	主任研究員	田口 香	技術支援加速化事業(正)、農工連携コーディネート(正)、医療機器産業コーディネート(正)、他公設試・大学高専・北東北との連携(正)、産技連関連(副)

○電子光応用開発部

組織名	職名	氏名	主な業務
	部長	小笠原 雄二	電子光応用開発部門の総括
	主席研究員	森 英季	高速・高精度アクチュエータ多軸化技術 (グループリーダー)
電子・通信 グループ	主席研究員 (兼) グループリーダー	近藤 康夫	グループの総括、電子回路、電子デバイス
	主任研究員	丹 健二	電子デバイス、電磁界計測技術
	主任研究員	佐々木 信也	電子通信技術、ネットワーク応用
	主任研究員	佐々木 大三	センサー応用開発、信号処理技術、適応制御 技術
オプトエレクト ロニクスグルー プ	主席研究員 (兼) グループリーダー	梁瀬 智	グループの統括、液晶デバイス、光学評価技 術
	主席研究員	山根 治起	光学デバイス、光計測技術
	主任研究員	内田 勝	液晶デバイス、薄膜材料、表面処理技術 (乾 式、湿式)
ナノメカニカル 制御グループ	主席研究員 (兼) グループリーダー	森 英季	高速・高精度アクチュエータ多軸化技術 (技術統括)
	主任研究員	櫻田 陽	高速・高精度アクチュエータ多軸化技術 (制御技術担当)
	研究員	荒川 亮	高速・高精度アクチュエータ多軸化技術 (構造設計担当)

○素形材プロセス開発部

組織名	職名	氏名	主な業務
	部長	沓澤 圭一	素形材プロセス開発部門の総括
先進プロセス・ 医工連携グループ	主任研究員 (兼) グループリーダー	加藤 勝	グループの総括、輸送機産業、医工連携、機械加工、精密形状計測
	主任研究員	内田 富士夫	鋳造技術、輸送機産業、医工連携、デジタルエンジニアリング
	主任研究員	久住 孝幸	電界砥粒制御技術の開発、精密形状計測
	研究員	中村 竜太	医工連携、電界非接触攪拌技術の開発・評価
	研究員	黒沢 憲吾	機械加工、精密形状計測、デジタルエンジニアリング
環境・エネルギーグループ	上席研究員 (兼) グループリーダー	遠田 幸生	グループの総括、環境・省エネ、分析、再生可能エネルギー
	主任研究員	経徳 敏明	地熱・地中熱・廃熱利用
	研究員	井上 真	発電機構の開発、小型水力、流体混合シミュレーション
複合材料グループ	上席研究員 (兼) グループリーダー	木村 光彦	グループの総括、複合材料、非破壊検査、接合技術開発
	上席研究員	工藤 素	複合材料、超臨界発泡成形技術、高分子材料、分析
	主任研究員	藤嶋 基	複合材料、CFRP成形・補修技術、評価
	研究員	野辺 理恵	複合材料、超臨界発泡成形技術

○先端機能素子開発部

組織名	職名	氏名	主な業務
	部長	高橋 慎吾	先端機能素子開発部門の総括
機能性材料グループ	主任研究員 (兼) グループリーダー	杉山 重彰	グループの総括、レアメタル代替材料、セラミックス材料開発
	主任研究員	伊勢 和幸	セラミックスデバイス開発
	研究員	関根 崇	レアメタル代替材料、セラミックス材料開発
スピン・ナノデバイスグループ	上席研究員 (兼) グループリーダー	鈴木 淑男	グループの総括、スピントロニクス
	上席研究員	新宅 一彦	ナノデバイス・材料技術
	主任研究員	黒澤 孝裕	電磁界計測技術、電波暗室、エネルギーデバイス技術
	主任研究員	近藤 祐治	光学設計・光計測技術
	主任研究員	木谷 貴則	電磁界計測技術、電波暗室、エネルギーデバイス技術
	主任研究員	神田 哲典	スピントロニクス

4. 決算 ※人件費を除く

歳 入

科 目	収入額(円)	備 考
国庫支出金	124,508,664	
電源立地特別交付金	124,508,664	
使用料及び手数料	177,096,972	
使用料	177,096,972	
諸収入	45,488,646	
受託事業収入	36,231,890	
雑入	9,256,756	
財産収入	1,489,012	
繰入金	0	
一般財源	212,268,135	
計	400,851,429	

歳 出

科 目	支出額(円)	備 考
管理運営費	204,562,123	
研究推進費	43,349,361	
産業新生技術イノベーション事業	18,757,212	
施設設備整備事業	124,508,664	
研究補助員確保事業	9,674,069	
計	400,851,429	

## 5. 導入機械設備一覧

(平成27年度)

機器名称	メーカー及び型式	概要	設置場所
EMC 試験用交流安定化電源	(株) エヌエフ回路設計プロック/ES2000S、ES2000B×2台	国内外向けのLED照明機器、医療機器、無線通信機器等のEMC規格試験において交流電力を供給する装置。	高度技術研究館
放射・伝導イミュニティ試験システム	(株) 東陽テクニカ/IEC61000-4-3、IEC61000-4-6 2008 対応	無線周波電磁界下における電気および電子機器の性能評価を行う装置。	高度技術研究館
複合材料圧縮成形装置	(有) 郷製作所/MB005-GMS	熱可塑性炭素繊維複合材料(CFRTP)や熱硬化性炭素繊維複合材料(CFRP)等の複合材料の迅速な成形加工を行う装置。	本館
電子負荷装置	菊水電子工業(株)/PLZ1004WH	1000W までの大電力に対応した負荷試験を行う装置。	本館
直流安定化電源	菊水電子工業(株)/PAT80-100T WITH USB	80V・100A までの電圧・電流を供給する装置。	本館
大判プリンター	セイコーエプソン株式会社/SC T72DPS	情報発信用途として、ポスター等の作成を行う装置。	本館
IP電話交換機	(株) まほろば工房/MAHO-PBX Enterprise Standard	SIP(Session Initiation Protocol)に準拠した音声デバイスや映像デバイスを収容し、内線交換を行う装置。	本館
高感度ガスクロマトグラフ	(株) 島津製作所/Tracera	灯油、軽油、潤滑油などの有機物液体試料、水素、窒素、酸素ガスなどの無機ガス試料の成分や量を調べる装置。	本館
ドラフトチャンバー	(株) ダルトン/DFB11-DFC14、DFD31	化学分析や化学実験において発生する危険物質や有害物質の封じ込めと排気を行う装置。	本館
バイポーラ電源	松定プレジジョン(株)/POEF60-20	高速、高電圧、大電流の条件で用いられる機器、モジュール、部品等の評価を行う装置。	本館
サーマルサイクラー	Bio-Rad 社/T100	生物学や医学の実験において、ポリメラーゼ連鎖反応(PCR)によりDNA断片を複製し、DNAを大量に増幅させる装置。	本館
プレートリーダー	Bio-Rad 社/iMark PC システム	マイクロプレートに入れた多数のサンプル(主として液体)の光学的性質を測定する装置。	本館
照明光学系設計システム	Zemax 社/OpticStudio Professional 版	結像およびアフォーカル系に対するシーケンシャル光線追跡と、照明光の伝搬を扱うノンシーケンシャル光線追跡を行う装置。	高度技術研究館
スクロール型ドライポンプ	アルバック機工(株)/DIS-251	超高真空多元スパッタ装置において、ロードロック室を排気する装置。	高度技術研究館
卓上顕微鏡	(株) 日立ハイテクノロジーズ/Miniscope TM3030Plus、EDX:Quantax70	表面観察、元素分析、3次元測長を行う装置。	高度技術研究館

機器名称	メーカー及び型式	概要	設置場所
静電力発生用高圧電源システム	松定プレジジョン (株) / HAR-30P73.3	インバータやパワーデバイスの検査、評価において高電圧を発生する装置。	高度技術研究館
卓上プラズマエッチング装置	(株) 三友製作所 / TP-50B	内径 1 mm 前後のノズル先端に発生させる「吸引プラズマ」を用いることで、局所、低温、低残渣、高速のプラズマ加工を行う装置。	高度技術研究館
モノクロメータ式分光光源	朝日分光 (株) / MAX-303+、CMS-100	各種光学部品の特性評価において分光した光を出射する装置。	高度技術研究館
一軸面内磁場印加マニユアルプローバ	ハイソル (株) / HMP-400SMS-Entry 型	試料面内方向に磁場を印加し、素子の電気伝導特性に及ぼす磁場の影響を評価する装置。	高度技術研究館
高精度 CNC 画像測定機	(株) ニコンインステック / NEXIV VMZ-R6555	CCD 画像方式及び非接触レーザーセンサ方式により、被測定物の XY 方向 (平面寸法) 並びに Z 方向 (高さ寸法) を測定する装置。	本館
クラウドサーバー	デル (株) / インテル Xeon E3-1241、メモリ 4GB、HDD500GB	インターネットおよびイントラネット向けの各種サービスを OpenStack+KVM による仮想化・運用技術によって論理的に複数起動させる為の装置。	本館
3D 鋳型積層造形装置	シーメット (株) / Sand Casting Meister SCM-10	インクジェット方式で鋳造用の鋳型を 3DCAD データ通りに積層造形する装置。	本館

6. 業務実績概況

項 目		実績数	単位
研究 関 連 契 約	共同研究	60	件
	受託研究	12	件
	簡易受託研究	443	件
	委託研究	3	件
	外部資金	6	件
	その他の研究開発関連契約（NDA等）	14	件
技術相談・指導		2,464	件
施設・設備利用状況		1,857	件
開放研究室入居状況		12	件
技 術 研 究 会 活 動	秋田県非破壊検査技術研究会	9	回
		215	人
	秋田県高分子材料研究会	6	回
		118	人
	秋田県生産技術研究会	10	回
		307	人
	北東北ナノ・メディカルクラスター研究会	3	回
		65	人
	秋田県硬質工具材料研究会	1	回
		35	人
	東北再生可能エネルギー研究会	1	回
		44	人

項 目		実績数	単位
人 材 育 成	技術者の育成・受託研修	4	件
	講師及び審査員の派遣	13	件
成 果 ・ 広 報 活 動	研究成果報告会	145	人
	特許等	6	件
	誌上・論文発表	5	件
	学会等口頭発表	78	件
	各種表彰	5	件
	一般公開	41	人
	イベント	9	件
	新聞・一般誌掲載・テレビ放映等	28	件
所内見学	274	人	
研究報告		26	件

## 7. 「産業新生技術イノベーション事業」の概況

産業界を取り巻く情勢を見ると、経済のグローバル化や高度情報化によって、製造業を中心に大きな変革が求められ、激しい国際競争を強いられている。そのような中、本県産業が活性化し、また持続的な発展により雇用を確保していくため、産業構造を付加価値創造型へ転換するとともに、秋田でしか成し得ない技術、製品の開発、創造が不可欠である。さらに、産業の裾野を広げるため、頂点を形成できる程のポテンシャルを持つ技術に伸ばすことも必要である。

本センターでは、秋田県の「第2期ふるさと秋田元気創造プラン」に基づき、工業技術に係る研究開発ポテンシャルを結集し、県内産業の活性化、雇用の確保を目指している。具体的には、秋田において世界に対し優位性のあるリーディング企業及びリーディング技術を、下図に示すとおり、「輸送機」、「環境・エネルギー」、「電子デバイス」、「医療機器」の4つの産業分野に展開することを指向している。これを具現化したものが4本柱の戦略である。そのための施策として、本センターの資源である要素技術を駆使し、「売れるものづくりクラスター」の形成を目指した「産業新生技術イノベーション事業」を行っている。

なお、同図における中央の柱「技術コンシェルジュ」は、研究員自らが企業等に対し提案型技術営業を行い、4本柱の戦略等を推進する「技術加速化事業（通称：技術コンシェルジュ事業）」である。

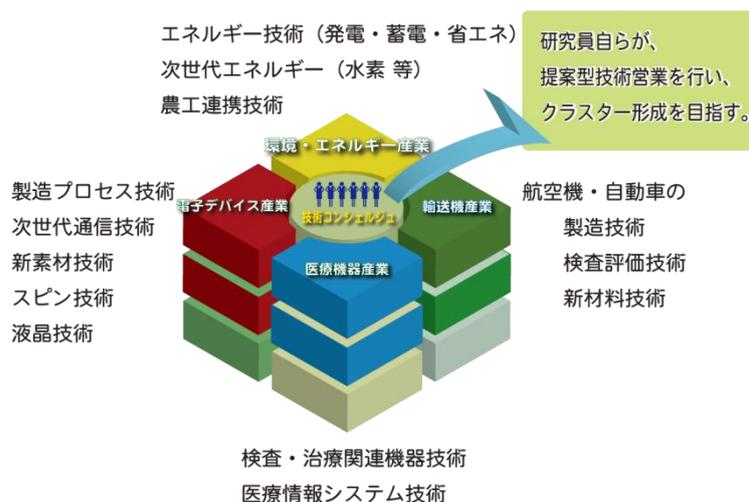


図 売れるものづくりクラスターを目指す事業概要

# 輸送機産業集積化事業

素形材プロセス開発部 沓澤圭一、技術イノベーション部 佐藤 明

## 目 的

輸送機関連要素技術の研究開発を進め、地域産業の競争力を高めることを目的として、難削材の穴あけ加工技術に関する研究を実施した。また、航空宇宙産業への新規参入を推進するために航空宇宙の認証規格 AS/EN/JIS Q 9100 の取得支援並びに特殊工程の国際認証である Nadcap の取得支援を行っており、その概要について報告する。

## 内 容

### 1. 難削材料の機械加工に関する研究

直径 100mm、厚さ 5mm のインコネル 718 について、耐熱合金加工用として市販されているドリル先端にオイルホールがある超硬コーティングドリル 3 種類、超硬ソリッドドリル 1 種類、ハイスコーティングドリル 1 種類の計 5 種類のドリルを使用し、5 軸制御立形マシニングセンタ（オークマ製 mu-400V II）で、穴あけ加工実験を行った。加工条件は、工具径 6mm の超硬母材工具で切削速度約 20m/min、ハイス母材工具で切削速度約 7m/min とした。加工後、工具摩耗と加工面状態をデジタルマイクロスコープで観察し、加工穴径はピンゲージで最大通り穴径を測定した。

工具摩耗については、超硬コーティングのオイルホールの内部給油タイプの摩耗が少なく、超硬ソリッドは先端にチッピングが観察され、ハイスコーティングはやや摩耗が多かった。出口側の穴加工状態については、いずれの工具も円周上に僅かなバリが観察されたものの、明確な差は認められなかった。穴径については、SA 社以外の工具は 0.01~0.02mm の差であり、ハイスコーティング工具も安定していた。しかし、SA 社の工具は、0.4mm 弱もバラツキがあり、半数以上で穴が三角形状になっているのが確認された。以上の結果から、O 社製超硬コーティング工具が優れた性能を示し、加工条件を下げればハイスコーティング工具でも加工が可能であることがわかった。

インコネル 718 材の穴あけ加工における加工デ

ータを蓄積した。今後も CFRP や難削材の加工データ蓄積を図っていく予定である。

### 2. 輸送機関連産業への新規参入と取引拡大支援

#### ①航空宇宙の認証規格 AS/EN/JIS Q 9100 の取得支援

AS/EN/JIS Q 9100 の取得支援は、希望する企業の現状（他の認証の有無、過去の経験、現在の製品等）を把握し、取得活動を行う前に計画を立てるために必要な審査機関や規格の情報を提供している。取得の計画が決まっている場合、その計画に合わせて取得までに行う運用期間、トライアル製品（規格に則った工程の確認や実施の記録を残す）などを計画に挿入し、文書や書類を含めて審査までの準備期間を支援する。また、審査の立会いも許可が下りた場合に行う。審査が終了して、希望する場合に審査での不適合の指摘について、是正処置の提案を行う。

今年度は、来年度に行われる規格の改訂の情報を含め今後の取得希望企業に情報提供を行った。

実績として、審査までの支援を行った企業が 2 社（内 1 社が審査終了、登録待ち）、取得希望企業へのプレゼンテーションが 2 社（こちらは規格の改訂後に取得予定）となった。

#### ②Nadcap の取得支援

Nadcap は、航空宇宙産業における特殊工程作業に対する国際的な認証制度で、認証の取得することによって新たな航空宇宙関連製品の受注拡大に繋がることが期待される。この認証は、実際に航空宇宙製品を受注・製造している企業が対象となる。現在 18 種類の特殊工程の審査が行われていて、受注・製造している製品の製造過程を審査される。

今年度は、前年度から継続的にフォローしていた企業が 1 社審査を受審し、認証を取得した。

来年度は、すでに取得した企業のフォローと、新規取得希望 2 社について、情報提供および必要に応じた支援を行っていく予定である。

# 環境共生エネルギー産業化事業

素形材プロセス開発部 沓澤圭一、先端機能素子開発部 高橋慎吾、技術イノベーション部 佐藤 明

## 目 的

環境調和型社会に向けた産業の集積をめざし、低炭素社会の実現に向け、省エネ化の推進および、種々の未利用エネルギー資源を有効に活用するための熱電変換デバイスを活用したエネルギー利用システムの構築、さらにバイオマス資源、地熱、地中熱、小水力等を利用した再生エネルギー利用技術の開発、及びそれらに関連した技術支援を行う。

## 内 容

### 1. 脱温暖化のための新エネルギー・省エネルギー技術開発

東日本大震災以降、太陽光、風力、地熱、バイオマスなどの再生可能エネルギーの利用と同時に電力のデマンドを抑えながら、電力の利用をマネジメントするといった手法が強く求められている。そこで、本事業では、再生可能エネルギーに関する技術開発とエネルギーマネジメントの両面から取り組むことを目的にしている。

今年度も昨年に引き続き、「見える化」による電力削減手法を検討するとともに、地中熱、水素キャリアなどの調査を行った。特に地中熱に関しては、農地の地下3m、5mの深さにそれぞれ採熱管を埋設し、そこに水を循環させ、年間を通した地中温度の測定を行い、さらに冬場の熱を補うために、籾殻発酵槽を試作し、発酵実証試験を実施した。

また、水素エネルギーについては、産学官が集まり、秋田県水素研究会を発足させ、水素の製造、輸送、利用、現状の課題抽出などを行った。

### 2. 未利用エネルギー利用技術の開発

全熱エネルギーの内、2/3は利用されずに廃熱として捨てられている。これらの廃熱を有効利用する技術として、熱電変換技術に着目している。そこで、耐熱性と耐環境性に優れた酸化物系の高性能熱電材料の開発と、同材料を活用した発電モジュールの実現を目指している。

今年度は、電気伝導率の低減による高出力化が期待されるTiO<sub>2</sub>にTiB<sub>2</sub>を添加した焼結体熱電材料の

開発を行った。電気伝導率の顕著な低減効果は見られなかったが、高い熱電性能が期待されるTi<sub>7</sub>O<sub>13</sub>のマグネリ相を確認できた。これにより、酸化物系熱電材料としては高い $5.9 \times 10^{-4} \text{ W/m} \cdot \text{K}^2$  という出力因子の値が得られた。

また、熱電発電モジュールの応用化に向けて、低温側と高温側で優れた特性を示すモジュールを2段重ねたカスケード型の発電モジュールの検討を行った。高温での発電性能に優れた酸化物系材料使用の熱電モジュールを単体で使用した場合に比べ、効率的な熱電発電が可能である事を確認できた。

### 3. 小水力発電実用化のための技術開発

小水力発電方式の一つとして螺旋水車があり、低流量・低落差でも発電が可能であることから県内の農業用水路などで、今後多くの需要が見込まれる。

そこで、螺旋水車のCFD解析（Computational Fluid Dynamics、数値流体解析）を行い、水車出力を算出し、実験データ・文献データを比較したところ、比較的良好的な相関がとれた。今後、螺旋水車のスケールアップの設計にCFD解析が活用できると考えている。

### 4. 省エネ型人工炭酸泉装置の開発

近年、人工炭酸泉の需要が高まりを見せており、大学病院や福祉施設、美容店、一般家庭住宅に至るまで急速に普及が進んでいる。しかしながら水に混合される炭酸ガス量（濃度）は市販装置によってさまざまであり、最適化されるとはいいがたいのが現状である。そこで、本研究では電源不要な炭酸ガス混合試験装置を試作し、装置の性能が最大限発揮できることを目的に、水に含まれる炭酸ガス量が最大となるような条件の探索を行った。

その結果、装置入口と出口の水の差圧を高めるほど、炭酸ガスの溶解効率が增加することが、出口の炭酸混合水のpHを測定することによって明らかとなった。

# グリーン・エレクトロニクス産業創生事業

電子光応用開発部 小笠原雄二、先端機能素子開発部 高橋慎吾、技術イノベーション部 佐藤 明

## 目 的

電子部品・デバイス産業分野の競争力向上を目指して、高効率エレクトロニクスやグリーンICT、農工連携分野の研究開発を実施した。

## 内 容

### 1. グリーンICT技術

#### ①高機能薄膜材料の創製と応用

誘電分極と磁化の相互作用を利用して新たな高効率の情報伝達やエネルギー伝送を可能とするデバイスの開発を目指して、圧電性強誘電体と磁歪性強磁性体のヘテロ構造界面を有する積層膜の開発を進めた。

#### ②無線通信制御技術

省エネや安全・安心、マーケティングなどの手段としてビッグデータの活用が注目され、計測データを収集するIoT(Internet of Things)システムとして多様なセンサの相互接続を実現する無線ゲートウェイシステムの開発をこれまで行ってきた。今年度は、データ収集・検索・解析、可視化を容易に実現できる実用的なクラウドシステムを開発し、共同研究企業への技術移転を開始した。

### 2. エネルギー技術

#### ①新エネルギー利用効率向上化技術

高効率なエネルギー利用を実現するスマートハウスの快適性向上を目指した検討を実施した。LED照明で問題となる覚醒作用を抑制できる有機ELを照明に採用し、脳波計測に基づいて調光・調色の最適設定条件を明らかにした。更に、環境音源と香りを追加したシステムを構築し、高齢者介護施設に設置して実際の運用を行い、心地よい空間であるとの好評を得ている。

#### ②エネルギーデバイス

ワイヤレス給電は電源線挿抜不要の利便性に加えて、機器の完全密封が可能であることから安全性、衛生性、耐久性に優れる特徴を有しており、様々な応用先を目指した基盤技術開発を進めている。その中の一つとして、付加価値の高い水素水生成器を共同研究企業と一緒に開発し、企業が初の自社開発製品として上市するに至った。

### 3. センシング技術

#### ①磁気センシング技術

手術などの医療現場で微小な縫合針を紛失した際の探知に用いるプローブの開発を行っている。コイルをセンサとする磁気センシング方式を採用し、検知性能の評価・検証を進めた。これを基に、片手で容易に扱うことができる乾電池駆動型の小型軽量プローブを試作した。

#### ②電界センサ

完全非金属性による低侵襲でかつワイヤレスでの電界計測が可能な高周波電界センサの開発を継続して行った。半導体散乱体からの散乱波強度を光変調して計測する実証試験機を改良し、高周波電界ベクトルの可視化に成功した。応用例としてLSIチップのノイズ計測を行い、周波数成分によって放射機構が異なることを明らかにした。

#### ③磁気計測システム

波長280nmまで回折限界集光が可能な反射型対物鏡を産学官連携の下で試作開発した。本対物鏡は、色収差が無く幅広い波長帯域での利用が可能であることに加え、強磁場中でも偏光特性の乱れを生じない特徴を有するため、磁性デバイスや磁石材料の開発に資する次世代顕微磁気計測システムの実現に貢献することが期待される。

#### ④見守りセンシング技術

高齢化社会や農業の省力化等に向けた商材開発を目的として、人や物の動きを簡便なセンサで検知する技術の開発を行っている。赤外線マトリクスセンサや超音波を用いたセンサを試作し、取得データ解析手法を検討した。

### 4. 農工連携技術

低消費電力で太陽光発電などの自立電源を想定した直流型電照ギク照明の開発を秋田県農業試験場と連携して進め、これまで明らかにした最適な波長の組合せや光強度などの基礎的知見に基づいて実用的なLED照明を設計・試作し、実際に花芽分化抑制効果等を確認した。

画像処理技術を用いたリンゴの収穫適期の自動判別技術を開発し、共同研究企業が商品化を目指してスマートフォンで簡便に利用できるアプリを開発した。

農業用ハウスにおける複数の冷暖房機器と温度センサを自立分散的に制御するシステムを開発し、ハウス内温度の均一化を省エネルギー化・省力化と共に実現し、実際のハウス栽培に供用を開始した。

# 医療機器産業顕在化事業

電子光応用開発部 小笠原 雄二、素形材プロセス開発部 沓澤 圭一

## 目的

医療機器産業顕在化事業では、秋田発イノベーションの創出を目指し、産学官連携によって、県内企業の医療・福祉機器等の研究開発、技術支援を行っている。今年度は、当センターのオリジナル技術である電界攪拌技術を用いた迅速診断支援機器の開発、医療機器の実用化開発（3Dプリンターの活用）並びに超音波流量計を応用した医療用機器の開発を行った。以下にその概要について報告する。

## 内容

### 1. 電界攪拌技術を用いた迅速診断支援機器の開発

静置法による免疫組織染色は、がんの診断方法の1つであるが、抗原抗体反応工程に90分を要する。この免疫組織染色を術中診断に適用するために、当センターで開発された電界攪拌技術を導入することによって10分に短縮、新たな迅速免疫染色法を開発した。

これまで電界攪拌が抗原抗体反応を迅速化させるメカニズムについて検討し、攪拌によって抗原と抗体の接触頻度が向上することを明らかにしてきたが、今年度は、実際の免疫染色に使用される分子量を有する抗体を使用し、その移動速度について検討した。

蛍光標識された抗体たんぱく質（Abcam社製 Anti-pan Cytokeratin 抗体 [C-11] (FITC)：分子量 57kDa）について、液滴の挙動を上方向から内部観察を可能にするために上側の電極はITO製の透明電極を使用し、蛍光顕微鏡内（照射波長 493nm）で観察した。

観察条件は液量 150  $\mu$ L（純水）、抗体量 0.3  $\mu$ L、液滴底面直径 12mm、電圧 0~3kV、周波数 19Hz、電極間距離 5.5mmとした。印加電圧に対して、粒子速度は対数的に上昇し、無電界時の抗体移動速度と 3kV 印加時の抗体移動速度を比較すると、約 22 倍となった。免疫染色を行う際に実際に用いる抗体たんぱく質を用いた場合でも電界印加による攪拌によって抗体移動速度が大きくなることが明らかになった。

以上のことから、抗原と抗体の接触頻度が向上することで免疫染色反応が加速するというメカニズムを確認した。

### 2. 医療機器の実用化開発

加齢による変形性脊椎疾患の患者が増加しているが、現行のスクリューを使用した脊椎固定術に代わる、効果的で合併症の少ない治療法の開発が

望まれている。具体的には、①スクリュー未使用手術法で誤刺入を防止すること、②脊椎固定無しの手術法で隣接椎間病変を予防すること、③少ない手術侵襲で入院期間短縮することなどである。

その課題を解決するため、医工連携事業化推進事業「3Dチタンプリンターを用いた革新的脊椎制動インプラントの開発」（国立研究開発法人 日本医療研究開発機構）として、従来の脊椎固定術の上記課題をすべて解決する革新的脊椎制動インプラントの開発を進めており、その中で、当センターで行っている3Dプリンター技術を駆使した患者個人に適合したカスタムメイド型インプラントの開発の概要について報告する。

本開発の特徴は、3Dチタンプリンターで脊椎に密着するカバーを作成して、スクリューの代わりとするものであるが、事前に患者個人の脊椎形状データ作成が必要なことから、患者のCTデータから3Dモデルを作成し、当センター保有の3D樹脂プリンターにて試作することによって、脊椎と脊椎制動インプラントとの適合具合を検討した。また、使用するチタン材料に関する材料強度シミュレーション並びに引張強度試験を実施した。

この結果を踏まえ、3Dチタンプリンターにて、患者用モデルを作製し脊椎モデルに装着して力学試験を行った結果、良好な結果が得られた。

ただし、脊椎に関しての荷重及び可動状態の詳細なデータは非常に少ないことから、今後脊椎モデルによる強度や可動シミュレーションを実施することによって、患者に最適な3Dチタンプリンターを活用したインプラントの設計と製作を目指す。

### 3. 超音波流量計を応用した医療用機器の開発

超音波流量計については、これまで共振周波数が 300kHz タイプの振動子を利用して開発を行ってきた。この超音波流量計は、現在あるメーカの酸素濃縮器やスパイロメータの製品に組み込まれている。今年度は、この超音波流量計に採用している振動子を共振周波数 40kHz タイプに変更することを目的として検討を行った。この変更が可能になれば、回路の簡素化による低コスト化と耐ノイズ性の高い製品化が期待できる。これまでに、マイコンの駆動電圧と同じ電圧で超音波振動を加えても安定して受信波形を得ることができる試作品の開発を終えている。今後は、流量と環境の変化による影響を調査する予定である。

# 次世代ものづくり創生事業

素形材プロセス開発部 沓澤 圭一

## 目的

本事業では、これまで培ってきた3Dものづくり技術を発展させ、3次元CAD/CAM/CAEの技術者の育成により、県内企業の企業競争力の向上を支援することを目的とする。また、今年度は、国産初の3D鋳型積層造形装置を導入し、新鋳造技術の開発を進めている。以下のその概要を報告する。

## 内容

### 1. 人材育成並びに技術支援

3Dものづくり技術の発展を目的に、3次元CAD/CAM/CAE/PRについて、次の4つのコースを設定し、技術研修等の人材育成を行い、県内企業の技術レベル向上の支援を行った。

- ①3次元CADによるモデリングコース
- ②構造解析コース
- ③鋳造CAEコース
- ④3Dプリンタによる造形技術コース

その結果、5社267人日の技術研修を実施し、次のような技術支援成果が得られた。

「医療用プレートの製作技術の確立」

「医療用腕固定ギブスの製作技術の確立」

「3Dプリンタによる医療機器等の試作支援」

また、「3Dプリンタを活用した鋳造技術の開発」では、3Dプリンタにて造形した模型を活用することで、木型の代替を可能とし、木型製作期間の短縮及びコスト半減等の成果が得られた。

### 2. 3D鋳型積層造形装置による技術支援

平成26年度地域オープンイノベーション促進事業（戦略分野オープンイノベーション環境整備事業）に採択され、平成28年2月に国産初の3D鋳型積層造形装置を導入した。

この事業は、平成27～31年までの5年間の事業で、秋田県、岩手県、青森県、宮城県、山形県、三重県の6県が連携して、「3D積層造形技術活用による新規医療機器の開発」を目指すものである。

導入、整備された3D鋳型積層造形装置は、シーメット(株)製 Sand Casting Meister SCM-10 である。国産初の鋳型積層造形機であり、国家プロジェクト (TRAFAM) にて開発中の材料を積層させて鋳型を製作する装置である。この装置の導入によって、これまで製作が難しかった

形状の鋳造品を製造できるとともに様々な金属にも対応が可能となる。この鋳造技術を早期に確立し、秋田県内企業をはじめ、連携する各県の企業へ成果普及を行う計画である。

### 【3D鋳型積層造形装置の特長】

- ◎3次元CADデータから砂型をダイレクトに成形（木型不要）
- ◎複雑形状を一体成形（アンダーカットに対応、鋳型分割不要）

### 【3D鋳型積層造形装置の主な仕様】

- <造形方式>  
バインダジェット方式
- <造形サイズ>  
W800×D400×H400mm
- <積層ピッチ>  
0.28mm
- <造形スピード>  
10,000cc/時間
- <解像度>  
X : 0.2mm Y : 2mm

### 【オープンイノベーション促進事業の活動内容】

- ◎センターホームページによる紹介
- ◎オープンイノベーション合同説明会（6県）
- ◎設備利用対応
- ◎受託研究制度の活用による依頼造形
- ◎共同研究、人材育成、技術指導、技術相談並びに技術情報の提供
- ◎3D鋳型積層造形装置による鋳造技術の確立

今後は、デジタルものづくり設計技術者育成事業として3次元CAD/CAM/CAEを活用した人材育成、3Dものづくり支援を行うこととしている。



## II 事業報告

## 1. 研究関連契約

項目	件数[件]
共同研究契約	60
受託研究契約	12
簡易受託研究契約	443
委託研究契約	3
外部資金	6
その他の研究開発関連契約（NDA等）	14

## 2. 技術支援加速化事業(技術コンシェルジュ事業)

### 技術相談・指導及び技術コーディネート活動の概要

平成27年度に対応した技術相談・指導についてその特徴をまとめた。なお、技術相談・指導について明確に区分することは難しいが、産業技術センターでは、設備を利用しない技術知識やノウハウによる対応を技術相談、設備の利用を伴う対応を技術指導、と区分している。平成26、27年度において相談・指導、企業訪問、共同研究の件数が、25年度以前に対して大幅に増加しているのは、26年度に立ち上げた技術支援加速化事業の効果によるものと考えられる。

表 技術相談・指導件数の経年変化

(件)	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度
相談	545	661	796	961	616
指導	837	834	845	1,198	1,344
その他	261	101	-	175	260
研究成果	26	9	-	-	-
技術コーディネート	-	-	251	262	244
計	1,668	1,624	1,892	2,596	2,464

表 企業訪問、共同研究件数の経年変化

(件)	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度
企業訪問	307	340	296	563	469
相談等総数(再掲)	1,668	1,624	1,892	2,596	2,464
共同研究	33	39	41	46	60

2-1 相談・指導目的別の件数

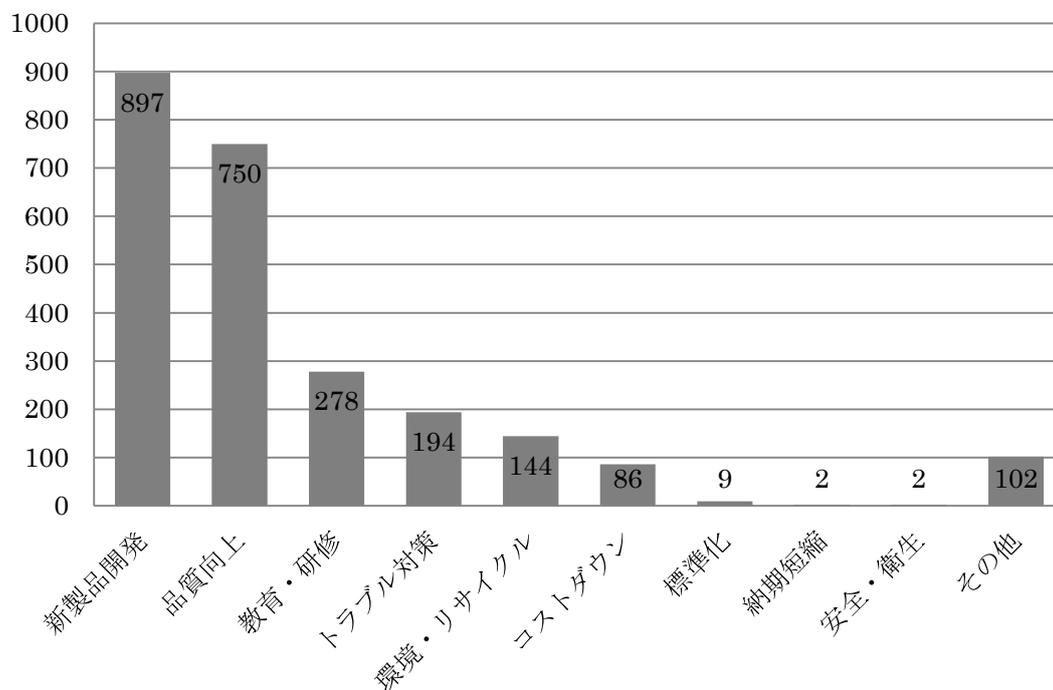


図 産業技術センターの目的別件数

2-2 相談・指導目的別の経年変化

	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度
1	新製品開発 29.9%	新製品開発 36.9%	新製品開発 33.9%	新製品開発 35.1%	新製品開発 35.0%
2	品質向上 17.2%	品質向上 13.4%	品質向上 28.0%	品質向上 30.7%	品質向上 28.9%
3	教育・研修 11.3%	安全・衛生 12.6%	トラブル対策 9.6%	教育・研修 8.8%	教育・研修 10.7%
4	環境・リサイクル 9.4%	環境・リサイクル 11.6%	教育・研修 8.1%	トラブル対策 7.3%	トラブル対策 7.5%
5	トラブル対策 9.0%	標準化 9.6%	環境・リサイクル 6.3%	環境・リサイクル 5.6%	環境・リサイクル 5.5%
6	コストダウン 3.5%	教育・研修 2.6%	コストダウン 3.7%	コストダウン 3.0%	コストダウン 3.3%
—	その他 17.4%	その他 10.5%	その他 8.8%	その他 8.2%	その他 8.7%

2-3 相談・指導の対応技術分類

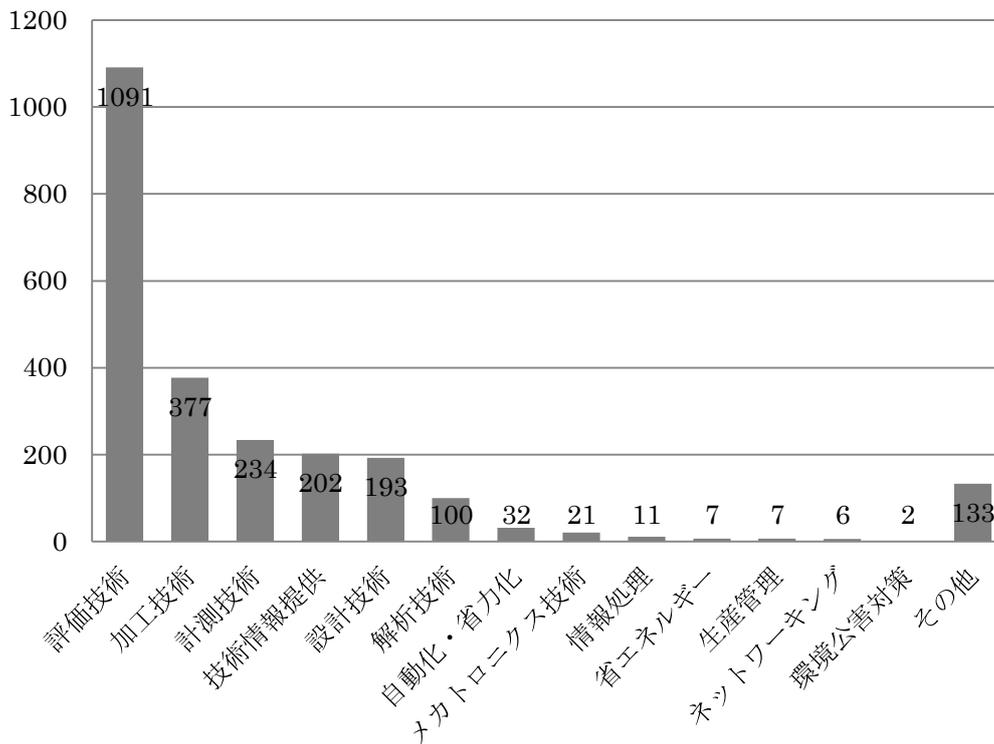


図 技術分類別の件数

2-4 相談・指導対応技術分類別の経年変化

	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度
1	評価技術 42.3%	評価技術 42.5%	評価技術 41.5%	評価技術 35.1%	評価技術 42.0%
2	加工技術 17.1%	加工技術 11.0%	加工技術 16.6%	計測技術 16.0%	加工技術 14.5%
3	設計技術 6.8%	計測技術 10.4%	計測技術 12.5%	加工技術 14.3%	計測技術 9.0%
4	計測技術 6.1%	設計技術 10.2%	設計技術 9.0%	技術情報提供 9.8%	技術情報提供 7.8%
5	技術情報提供 3.4%	解析技術 5.4%	技術情報提供 6.2%	設計技術 8.4%	設計技術 7.4%
6	解析技術 2.8%	技術情報提供 4.7%	解析技術 3.7%	解析技術 5.2%	解析技術 5.2%
7	メカトロニクス技術 2.0%	メカトロニクス技術 2.1%	省エネルギー 0.7%	メカトロニクス技術 2.6%	自動化・省力化 1.2%
8	生産管理 1.1%	環境公害対策 1.0%	メカトロニクス技術 0.6%	省エネルギー 1.0%	メカトロニクス技術 0.8%
—	その他 18.2%	その他 10.2%	その他 9.1%	その他 5.1%	その他 12.1%

2-5 相談・指導の対応工学分類

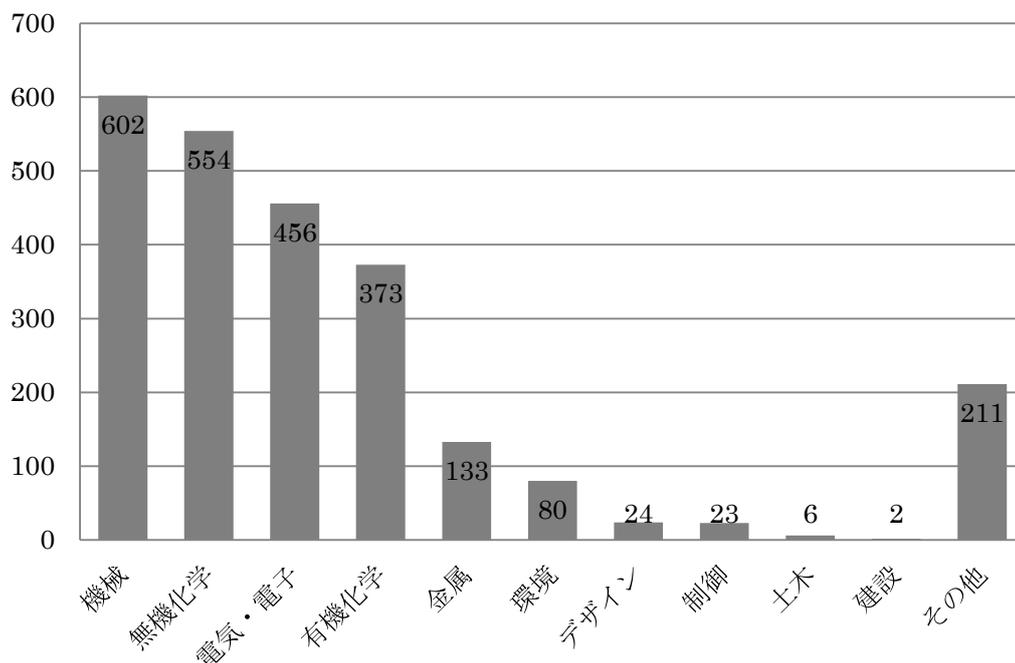


図 工学分類の件数

2-6 相談・指導対応工学分類別の経年変化

	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度
1	無機化学 33.8%	無機化学 24.8%	無機化学 27.1%	無機化学 27.1%	機械 24.4%
2	機械 16.2%	電気・電子 19.6%	機械 22.8%	機械 22.8%	無機化学 22.5%
3	電気・電子 12.6%	機械 18.8%	電気・電子 21.7%	電気・電子 21.7%	電気・電子 18.5%
4	有機化学 12.4%	有機化学 16.3%	有機化学 13.1%	有機化学 13.1%	有機化学 15.1%
5	金属 4.3%	金属 6.1%	金属 6.7%	金属 6.7%	金属 5.4%
—	その他 18.5%	その他 10.7%	その他 8.8%	その他 8.8%	その他 14.0%

### 3. 施設・設備利用状況

区 分	利用件数 [件]
施設利用 ※会議室等	72
設備利用	1,785
計	1,857

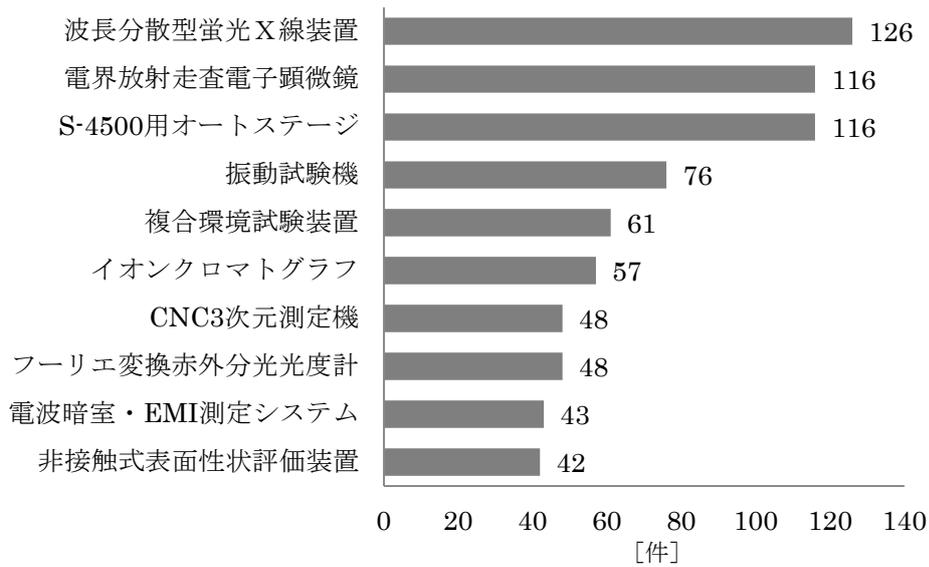


図 利用件数の多い設備

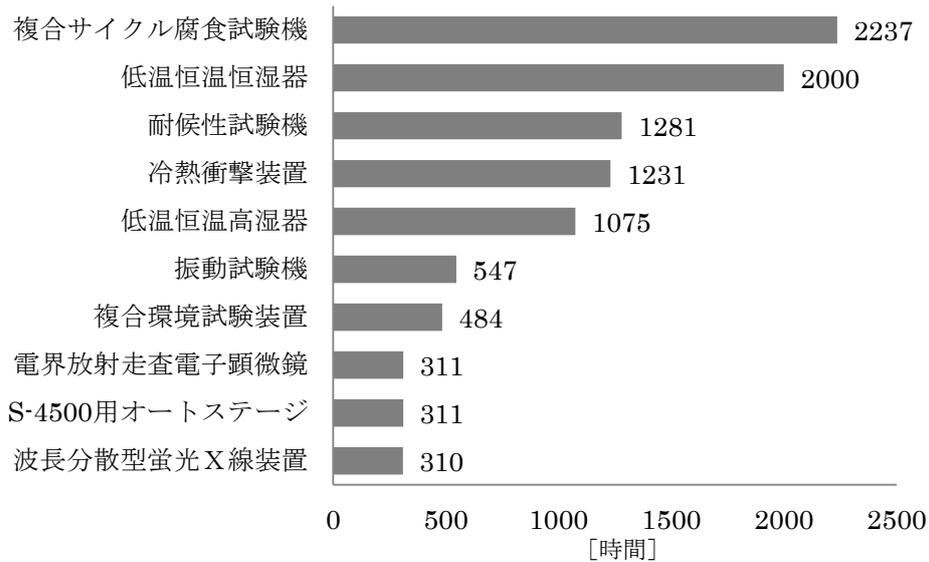


図 利用時間の長い設備

#### 4. 技術研究会活動

##### 4-1 秋田県非破壊検査技術研究会

実施年月日	事業名	内 容	会 場	人員 (人)
平成 27 年 5 月 8 日	通常総会	1. 平成 26 年度事業実施報告及び収支決算の承認 2. 平成 27 年度事業計画及び収支予算の審議並びに承認 3. 役員改選 4. その他	第一会館 (秋田市)	17
平成 27 年 5 月 26 ～27 日	講習会(共催: 秋田県鐵構工 業協同組合)	超音波探傷試験[レベル 1, 2]資格取得のための講習会 (実技) 元あきた企業活性化センター 副参事 浅利 孝一 氏 秋田県産業技術センター 上席研究員 木村 光彦 〃 嘱託 石田 広巳	産業技術 センター (秋田市)	9
平成 27 年 6 月 5 日	講習会	超音波探傷装置の性能測定方法講習会(講義・実習) 溶接検査(株) 秋田出張所 金谷 貴志 氏	産業技術 センター (秋田市)	18
平成 27 年 7 月 17 日	研究発表会 (共催:溶接学 会東北支部、 秋田県生産技 術研究会)	(1)建築鉄骨超音波探傷検査における現状と課題 溶接検査(株) 金谷 貴志氏 (2)高 Mn オーステナイト球状黒鉛鑄鉄の加工硬化 北光金属工業(株) 千葉 雅則氏 (3)気動車推進軸における非破壊検査実施に向けた一考 察について 東日本旅客鉄道(株) 佐々木 善久氏 (4)マイクロファイバーレーザ溶接について 新潟三吉工業(株) 久保田 誠氏 他 8 件	第一会館 (秋田市)	58
	講演会(〃)	「溶接・接合研究の潮流と私の 40 有余年の研究生活」 一楽しかった思い出や苦しかった思い出雑感紹介 岩手大学工学部 中村 満 教授	〃	58
平成 27 年 7 月 28 日	講習会	超音波探傷技術入門講習会(座学・実技) 秋田県産業技術センター 上席研究員 木村 光彦 〃 嘱託 石田 広巳	産業技術 センター (秋田市)	7
平成 27 年 9 月 1 ～2 日	講習会(共催: 秋田県鐵構工 業協同組合)	超音波探傷試験[レベル 1, 2]資格取得のための講習会 (座学) 元あきた企業活性化センター 副参事 浅利 孝一 氏 秋田県産業技術センター 上席研究員 木村 光彦 〃 嘱託 石田 広巳	産業技術 センター (秋田市)	10
平成 27 年 10 月 20～ 21 日	工場見学会	(株)長谷川鉄工 青森県平川市新山柳田 95 番地 1 (株)アピール 青森県平川市館山上亀岡 26 番地 (株)石垣鐵工 秋田県大館市二井田字前田野 5 番地 2		27
平成 27 年 11 月 26～ 27 日	講習会(共催: 秋田県鐵構工 業協同組合)	超音波探傷試験[レベル 1, 2]資格取得のための講習会 (実技) 元あきた企業活性化センター 副参事 浅利 孝一 氏 秋田県産業技術センター 上席研究員 木村 光彦 〃 嘱託 石田 広巳	産業技術 センター (秋田市)	3
平成 28 年 1 月 26～ 28 日	(共催:秋田県生 産技術研究会、秋 田県高分子材料研 究会)	炭素繊維複合材料 ウィンターキャンプ 2016 (株)羽生田鉄工所 顧問 小塩 国次氏	産業技術 センター (秋田市)	8

4-2 秋田県高分子材料研究会

実施年月日	事業名	内 容	会 場	人員 (人)
平成 27 年 5 月 22 日	役員会	平成 27 年度 通常総会提出議案の審議	第一会館本館	9
	通常総会	平成 27 年度 提出議案審議	(秋田市)	10
平成 27 年 5 月 28, 29 日	成形スクール 中級編	プラスチックの基礎、金型の機能、成形手順、不良と原因等の解説 (座学・実技) 日精樹脂工業 (株) 桜田 喜久男氏	(株) セーコン (大仙市) 産業技術センター (秋田市)	18
平成 27 年 6 月 12 日	技術講演会	「促進耐候試験と世界の最新規格動向」 (株) 東洋精機製作所 相川 次男氏 「最新のニイガタ射出成形機のご紹介と成形事例」 (株) ニイガタマシンテクノ 村山 真司 「IPF2014 出展機についてのご説明及びユーザー様への効率化、省力化」 (株) ユーシン精機 阿部 智将氏	第一会館本館 (秋田市)	26
平成 27 年 6 月 24 日	射出成形講習会	射出成形 基礎技術 講習会 産業技術センター 上席研究員 工藤 素	産業技術センター (秋田市)	22
平成 27 年 10 月 29, 30 日	先進地見学会	(株) 抗菌研究所 (八戸市) (株) 中屋敷技研 (三沢市)	青森県	9
平成 28 年 2 月 26 日	技術講演会	「金属 3D プリンター OPM250L 応用によるプラ型リードタイム短縮化と成形加工の効率化」 (株) ソディック 青木 新一氏 「自動車業界における金属などの代替樹脂成形技術」 (株) ソディック 中森 紀昭氏 「3D プリンタ活用事例と今後の展開」 (株) フルヤモールド 佐々木 俊彦氏 「樹脂成形品を組み込んだ自社製品の開発」 (株) ホクシンエレクトロニクス 佐藤 宗樹氏 「物づくり補助金申請と採択」 睦合成工業 (株) 秋田工場 高橋 輝年氏 「超臨界発泡射出成形による軽量化と高強度化」 秋田県産業技術センター 野辺 理恵	第一会館本館 (秋田市)	24

4-3 秋田県生産技術研究会

実施年月日	事業名	内 容	会 場	人員 (人)
平成 27 年 5 月 27 日	通常総会	平成 27 年度通常総会提出議案の審議・承認等について 1. 平成 26 年度事業実施報告 2. 平成 26 年度収支決算の承認について 3. 平成 27 年度事業計画(案)の審議について 4. 平成 27 年度収支予算(案)の審議について 5. 役員改選について 6. その他	第一会館本館 (秋田市)	21
	特別講演会	「トヨタのクルマづくり～あきたのモノづくり・ヒトづくり～」 講師：(公財)あきた企業活性化センター 上林 雅樹 氏	第一会館本館 (秋田市)	26
平成 27 年 6 月 9 日	3Dものづくり 分科会講習会	「統合顕微鏡セミナー」 講師：(株)オリンパス 加藤 洋 氏	産業技術 センター (秋田市)	14
平成 27 年 7 月 17 日	事例研究発表 会(秋田県非破壊 検査技術研 究会・(一社) 溶接学会東北 支部共催)	(一社)溶接学会東北支部 第 27 回溶接・接合研究会 表会 ・研究発表 1 ①建築鉄骨超音波単勝検査における現状と課題 溶接検査(株) 金谷 貴志 氏 ②高 Mn オーステナイト球状黒鉛鋳鉄の加工硬化 北光金属工業(株) 千葉 雅則 氏 ③気道車推進軸における非破壊検査実施に向けた一考 察について 東日本旅客鉄道(株) 平泉 浩成 氏 ④マイクロファイバー溶接について 新潟三吉工業(株) 久保田 誠 氏 ・特別講演 「溶接・接合研究の潮流と私の 40 有余年の研究生活」- 楽しかった思い出や苦しかった思い出- 岩手大学工学部 中村 満 氏 ・研究発表 2 ⑤金属/微生物同時その場観察技術を利用したステンレ ス鋼溶接部の微生物腐食研究 秋田大学工学資源学研究所 宮野 泰征 氏 ⑥中炭素鋼(S45C)摩擦攪拌接合継手の組織と機械的特 性に及ぼす入熱量の影響 秋田大学大学院 大久保 燎 氏 ⑦鋳造を利用した炭素鋼と銅合金の異材接合 岩手大学大学院 室田 大気 氏 ⑧端子接合部 Sn ウィスカの発生に及ぼす微細組織と環 境の影響 秋田大学 榊田 智実 氏 ⑨Al 合金と銅の超音波接合海面における酸化皮膜の挙動 東北大学大学院 遠藤 寛季 氏 ⑩コールドスプレー法による樹脂被膜の作製に及ぼす 成膜条件の影響 岩手大学大学院 佐々木 飛鳥 氏 ⑪人工骨用アパタイト多孔質真空焼結体の開発 日本大学大学院 佐々木 瞭 氏 ⑫304 ステンレス鋼溶接部ウェルドディケイ抑制への粒 界制御の効果 東北大学大学院 鴫田 駿 氏	第一会館本館 (秋田市)	49

実施年月日	事業名	内 容	会 場	人員 (人)
平成 27 年 9 月 15 日	機械加工分科 会講習会	「切削加工の基礎技術セミナー」 講師： サンドビック(株) 内海 義之 氏	産業技術 センター (秋田市)	35
平成 27 年 10 月 20 日 ～21 日	合同企業見学 会(秋田県非破 壊検査技術研 究会・(一社) 秋田県機械金 属工業会共催)	合同企業見学会 ①(株)長谷川鉄工(青森県平川市) ②(株)アピール(青森県平川市) ③石垣鐵工(株)(秋田県大館市)	青森県平川 市内 秋田県大館 市内	20
平成 27 年 12 月 2 日	技術講演会	「3D プリンタに関する技術講演会」 ・特別講演 ①3D プリンタの鋳造への適用 講師：(国研)産業技術総合研究所 岡根 利光 氏 ②量産を目指す金属積層造形技術～課題と方 向性～ 講師：(国研)産業技術総合研究所 中野 禅 氏 ・事例発表 ①設計時における 3D プリンタの活用 セカンドデザイン 田口 勝巳 氏 ②3D プリンタを活用したものづくりの有効性 と課題 (株)ホクシンエレクトロニクス 田中 義克 氏 ③3D プリンタを活用した事例紹介 エーピーアイ(株) 今野 直之 氏	産業技術 センター (秋田市)	50
平成 27 年 12 月 10 日	技術講演会(秋 田県硬質工具 材料研究会と 共催)	技術講演 「超硬合金切削工具の製造方法および切削特 性」 講師： 三菱日立ツール(株) 久保 裕 氏	産業技術 センター (秋田市)	30
平成 28 年 1 月 26 日 ～28 日	複合材成形実 習(秋田県非破 壊検査技術研 究会・秋田県高 分子材料研究 会と共催)	「炭素繊維複合材料ウィンターキャンプ 2016」 炭素繊維複合材料の曲面部品の補修実習 講師： (株)羽生田鉄工所 小塩 国次 氏 秋田県産業技術センター 藤嶋 基	産業技術 センター (秋田市)	8
平成 27 年 2 月 12 日	先端加工技術 セミナー(秋田 県産業技術セ ンター共催)	技術講演 ①微細・高機能表面加工ならびにバイオフィ リケーションへの取り組み 講師： (国研)理化学研究所 大森 整 氏 ②マイクロ・ナノ表面設計が創る次世代機能 性表面の開発 講師： 秋田大学工学部 野老山 貴行 氏	産業技術 センター (秋田市)	20
平成 28 年 3 月 17 日	機械加工分科 会講習会	「ものづくりを極める匠セミナー」 講師： 安田工業(株) 渡部 典之 氏 日進工具(株) 豊島 直樹 氏 (株)C&G システムズ 若佐 亮太郎 氏	産業技術 センター (秋田市)	34

4-4 北東北ナノ・メディカルクラスター研究会

実施年月日	事業名	内 容	会 場	人員 (人)
平成 27 年 8 月 7 日～9 日	研究会	<p>サマーキャンプ <u>基調講演</u> ①「医療機器：グローバル展開への試み」 ニプロ株式会社 取締役 吉田 博 氏</p> <p><u>研究発表</u> ①「医療コスト削減の切り札 -ロボット技術のもたらす影響-」 秋田県立大学 准教授 齋藤 敬 先生</p> <p>②「電界非接触攪拌技術の今後の展開」 秋田県産業技術センター 中村 竜太</p> <p><u>企業紹介</u> ① 田口木材株式会社 田口 知明 氏 ② 株式会社 SHUTECH 江面 知彦 氏 ③ 秋田県信用保証協会 仁村 健太郎氏 ④ 株式会社アクトラス 米谷 浩幸 氏 ⑤ エーピーアイ株式会社 預幡 哲也 氏 ⑥ 株式会社斉藤光学製作所 千葉 翔悟 氏</p>	駒ヶ岳温泉 (仙北市)	16
平成 27 年 12 月 25 日 ～26 日	研究会	<p>ウインターキャンプ <u>基調講演</u> ①「アムステルダムの認知症施設見学報告と形態学である皮膚科診療と医工連携の接点、人材育成について」 秋田大学医学部 准教授 蓮沼 直子 先生</p> <p>②「生体計測に基づく医療福祉工学」 東北大学大学院 准教授 奥山 武志 先生</p> <p><u>研究発表</u> ①東京工業大学 機械制御システム専攻 吉野研究室 ②「次世代パワーデバイス向け表面研磨モデル構築を目指した蛍光発光標識法を用いた研磨面その場観察に係る実現可能性調査」 秋田大学大学院 准教授 野老山 貴行 先生</p> <p>③「水加工（電気防錆加工法）の実用・事業化を目指した研究開拓紹介」 岩手大学大学院 助教 西川 尚宏 先生</p> <p>④「電界砥粒制御技術発！電界攪拌技術（EST）と医工コラボ」 秋田県産業技術センター 中村 竜太</p> <p><u>企業紹介</u> ① インспек株式会社 菅原 雅史 氏 ② 秋田銀行 滝田 広之 氏、藤木 健介 氏 ③ 北都銀行 齋藤 明弘 氏 ④ 株式会社 SHUTECH 江面 知彦 氏 ⑤ 秋田県信用保証協会 仁村 健太郎 氏 ⑥ エーピーアイ株式会社 預幡 哲也 氏 ⑦ 株式会社斉藤光学製作所 千葉 翔悟 氏 ⑧ 秋田エプソン株式会社 鈴木洋一 氏、佐藤 正 氏</p>	駒ヶ岳温泉 (仙北市)	26

実施年月日	事業名	内 容	会 場	人員 (人)
平成 28 年 3 月 25 日～ 26 日	研究会	<p>スプリングキャンプ</p> <p><u>基調講演</u></p> <p>①「現場最前線！医工融合技術が可能にさせる救急医療」 防衛医科大学校 講師 秋富 慎司 氏</p> <p>②「北東北ナノ・メディカルクラスター研究会から見えてきた医工連携 -- 外科病理医の視点から--」 秋田大学医学部附属病院 南條 博 先生</p> <p><u>研究発表</u></p> <p>①「弘前大学附属医用システム創造フロンティア活動、学部・大学院における医工教育について」 弘前大学大学院 教授 小野 俊郎 先生</p> <p>②「メダカの卵の凍結損傷に及ぼす静水圧の影響」 東京工業大学大学院 助教 寺野 元規 先生</p> <p>③「工学部からの医工連携を目指したアプローチ～微細加工・接合技術を使ったデバイスへの応用～」 早稲田大学 教授 水野 潤 先生</p> <p>④「水加工（電気防錆加工法）の紹介」 岩手大学大学院 助教 西川 尚宏 先生</p> <p>⑤「日本医療研究開発機構 平成 27 年度医工連携事業化推進事業 “癌の分子標的薬の適応を迅速に決定する装置の開発” 進捗状況」 秋田県産業技術センター 中村竜太</p> <p><u>企業紹介</u></p> <p>① 株式会社アイカムス・ラボ 片野 圭二 氏 ② セルスペクト株式会社 岩渕 拓也 氏 ③ インスペック株式会社 菅原 雅史 氏 ④ 秋田銀行 藤木 健介 氏 ⑤ 秋田県信用保証協会 仁村 健太郎 氏 ⑥ エーピーアイ株式会社 佐藤 貴博 氏 ⑦ 株式会社斉藤光学製作所 千葉 翔悟 氏 ⑧ 株式会社 SHUTECH 江面 知彦 氏 ⑨ 北都銀行 齋藤 明弘 氏</p>	ホテル グランド 天空 (仙北市)	23

#### 4 - 5 秋田県硬質工具材料研究会

実施年月日	事業名	内 容	会 場	人員 (人)
平成 27 年 12 月 10 日	技術講演会	<p>「超硬合金切削工具の製造方法および切削特性」 三菱日立ツール株式会社 久保 裕 氏</p>	産業技術 センター (秋田市)	35

4-6 秋田県表面処理技術研究会

実施年月日	事業名	内 容	会 場	人員 (人)
平成 27 年 4 月 17 日	役員会	1. 平成 27 年度通常総会提出議案の作成・審議 2. その他	第一会館本館 (秋田市)	12
	通常総会	1. 平成 27 年度通常総会提出議案の審議・承認 (1) 平成 26 年度事業実施報告 (2) 平成 26 年度収支決算報告 (3) 会計監査報告 (4) 平成 26 年度収支決算書承認 (5) 平成 27 年度事業計画(案)の審議並びに承認 (6) 平成 27 年度収支予算(案)の審議並びに承認 (7) 役員改選 2. その他		19
平成 27 年 5 月 11 日	第 1 回青年会 幹事会	1. 平成 27 年度事業計画の作成 2. その他	産業技術 センター (秋田市)	8
平成 27 年 6 月 12 日	第 1 回青年 交流研修会	企業見学 1. 秋田ジンクソリューションズ(株)飯島工場 2. ユナイテッド計画(株)秋田事業所	秋田市内企 業	23
平成 27 年 6 月 25 日 ～27 日	技術講習会	電気めっき技能検定実技試験対策用講習会 講師： ・ 太平化成工業(株) 常務取締役 伊庭 博幸 氏 ・ 東電化工業(株) 技術課課長 和合谷 繁満 氏 ・ 秋田化学工業(株) 課長補佐 舟山 紀彦 氏	秋田化学工 業(株)テクニ カルセンタ ー(にかほ 市)	31
平成 27 年 8 月 22 日	技術研修会	電気めっき技能検定筆記試験対策用研修会 講師： ・ 東電化工業(株) 技術課課長 和合谷 繁満 氏 ・ 太平化成工業(株) 品質技術部長 今野 友典 氏	秋田市北部 市民サービ スセンター	11
平成 27 年 10 月 30 日	情報交換会	会員企業各社のトピックス等の紹介 1. 各社からの紹介 2. 補助金情報の連絡 3. その他	第一会館本 館 (秋田市)	19
平成 27 年 12 月 10 日 ～11 日	企業視察	表面処理関連施設の視察 1. 日本フィルター(株)米沢事業所 2. (株)三ツ矢米沢工場 3. 山形大学有機エレクトロニクスイノベーションセン ター	山形県 米沢市	9
平成 28 年 1 月 8 日	第 2 回青年会 幹事会	1. 第 2 回青年交流研修会の打ち合わせ 2. 平成 28 年度の運営に関する意見交換 3. その他	産業技術 センター (秋田市)	6

実施年月日	事業名	内 容	会 場	人員 (人)
平成 28 年 2 月 5 日	幹事会	1. 平成 27 年度予算執行状況 2. 平成 28 年度事業計画 3. 規約の修正 4. その他	第一会館本館 (秋田市)	13
	研究発表会	会員企業担当者による研究発表 1. 「熱電材料開発研究について」 秋田県産業技術センター 上席研究員 菅原 靖 2. 「メディア混入、凝集改善」 東電化工業(株) 技術課 佐渡 友広 氏 3. 「亜鉛静止ライン品質改善活動」 太平化成工業(株) 課長 池田 広子 氏 4. 「基板接合表面のエッチング評価」 秋田化学工業(株) 取締役工場長 高橋 幸一 氏		22
	技術講演会 (一般社団法人 表面技術協会 東北支部共催)	技術講演 「重金属含有排水の処理システム-亜鉛の規制強化 に備えて-」 講師：日本フィルター(株) 米沢テクニカルセンター センター長 和田 泰一 氏		24
平成 28 年 2 月 26 日	第 2 回青年 交流研修会	講演 1. 「めっきを天職として」 講師：太平化成工業(株) 代表取締役社長 池田 延寿 氏 2. 「秋田県表面処理技術研究会の歩みとこれか らの若い人達に期待するもの」 講師：秋田県産業技術センター 技術コーディネーター 高橋 昇 氏	さんねむ温泉 (にかほ 市)	18

#### 4-7 東北再生可能エネルギー研究会

実施年月日	事業名	内 容	会 場	人員 (人)
平成 28 年 1 月 19 日	総会・講演会	講演会 1. 「CO <sub>2</sub> フリー水素導入構想と技術開発」 川崎重工業(株) 部長 洲河 誠一 氏 2. 「アルカリ水電解による再生可能エネルギーからの水 素製造」 旭化成(株) グループ長 臼井 健敏 氏 3. 「水素社会に向けた Honda の取組み」 本田技研工業(株) 技術主任 中川 尊基 氏	産業技術総 合 研 究 所 東 北 サ テ ラ イ ト (仙 台 市)	44

## 5. 人材育成

### 5-1 技術者の育成・受託研修

指 導 内 容	期 間	研修員所属人員
射出成形技術講習会 「成形スクール 中級編」	H27. 5. 28, 29	県内企業 18 名
射出成形技術講習会 「基礎技術講習会」	H27. 6. 24	県内企業 22 名
インターンシップ研修	H27. 8. 19～ H27. 8. 21	秋田県立大学システム科学技術 学部機械知能システム学科 3 名
航空機複合材料ウィンターキャンプ2016	H28. 1. 26～ H28. 1. 28	県内企業等 8 名

### 5-2 講師及び審査員の派遣

名 称	派 遣 先	回数	部 署
溶接技能者評価試験 評価員	東北地区溶接技術検定委員会	12 回	素形材プロセス開発部
秋田県溶接技術競技会 審査員	秋田県溶接協会	1 回	素形材プロセス開発部
全鉄評鉄骨製作工場性能評価 評価員	全国鉄骨評価機構	3 回	素形材プロセス開発部
技能検定（プラスチック成形）検定委員	秋田県職業能力開発協会	5 回	素形材プロセス開発部
技能検定（化学分析）検定委員	秋田県職業能力開発協会	1 回	素形材プロセス開発部
金型工作法	秋田県立湯沢翔北高等学校	2 回	素形材プロセス開発部
技能検定（機械板金）検定委員	秋田県職業能力開発協会	2 回	素形材プロセス開発部
技能検定（CNC タレパン）検定委員	秋田県職業能力開発協会	2 回	素形材プロセス開発部
技能検定（金属熱処理）検定委員	秋田県職業能力開発協会	1 回	素形材プロセス開発部
講義「バイオマス利用と県内の廃棄物リサイクル」	あきたアーバン開発マイスター養成コース	1 回	素形材プロセス開発部
非常勤講師	秋田工業高等専門学校 物質工学科	16 回	先端機能素子開発部
東北放射光設備推進協議会 放射光施設産業利用セミナー 講師	東北放射光施設推進協議会	1 回	先端機能素子開発部
インターンシップ	明桜高等学校	1 回	先端機能素子開発部



### Ⅲ 研究成果・広報活動

## 1. 平成27年度研究成果報告会の概要

- 標 題：秋田県産業技術センター 平成27年度成果報告会
- 日 時：平成27年7月3日（金）13：00～17：00
- 会 場：秋田県産業技術センター 高度技術研究館
- 参加者：145名

### 《 基調講演 》

#### 3Dプリンターの最新動向

株式会社コイワイ代表取締役社長 小岩井 豊己 氏

### 《 成果報告 開発部のイチ押し技術と活用事例 》

#### (1) 液晶技術・機構設計技術・光学技術

電子光応用開発部長 小笠原 雄二

#### (2) 非接触攪拌技術・3Dプリンター活用技術・CFRP成形技術

素形材プロセス開発部長 沓澤 圭一

#### (3) 熱電変換素子・非接触給電技術・電界マッピング技術

先端機能素子開発部長 高橋 慎吾

#### (4) 報告総括

産業技術センター所長 鎌田 悟

### 《 技術商談会 》

#### (1) ポスターセッション

※展示ポスターについては次ページの一覧を参照ください。

#### (2) 企業ブース展示

ポスター一覧

No.	発表者	タイトル
1	木谷、田口、内田、伊勢	超高密度ストレージの研究開発 ～ヘッドデバイス～
2	新宅、近藤	超高密度ストレージの研究開発 ～薄膜形成・解析技術～
3	千葉、経徳、田口	超高密度ストレージの研究開発 ～ナノインプリント～
4	森、櫻田	高速・高精度アクチュエータの開発
5	梁瀬、内田、王、	「液晶」材料を応用した光学デバイスの開発
6	鈴木、経徳、木谷、神田	スピン応用デバイスの開発
7	丹、黒澤	電磁波計測・ノイズ評価・EMC 対策技術
8	山根	フォトニックデバイスの研究
9	木村	レーザー焼入れ技術の開発
10	杉山、加藤、進藤	環境調和型高機能耐磨耗材料の開発
11	進藤、沓澤、内田	耐熱金属材料の開発・評価に関する研究
12	進藤、沓澤、木村、工藤、菅原、杉山、加藤、内田、斉藤	輸送機 ～輸送機産業コンプレックス形成事業～
13	沓澤、進藤、内田	次世代輸送機向け高熱伝導軽量合金
14	木村	生産性向上と省エネ性を両立したレーザー熱処理技術
15	木村、工藤、加藤	複合材料の新しい加工・評価法
16	鎌田、斉藤	コンポジットセンター
17	遠田、佐藤	炭素系廃棄物を利用した環境調和型機能性水質浄化材の開発
18	遠田	STOP THE 地球温暖化に関する技術調査
19	小笠原、近藤、佐々木、熊谷	音声主導型医療看護システム
20	小笠原、近藤、佐々木、熊谷	IC タグ利用技術に関する研究開発
21	加賀谷、佐藤、赤上	電界非接触攪拌技術を用いた薬剤多型検出技術の創出
22	久住、佐藤、赤上	次世代情報家電向け研磨システムの開発

## 2. 研究成果概要

### 2-1 特許

#### 【平成27年度出願分】

※6件

No.	名 称	権利の別	出願番号
1	熱電変換素子、発電デバイス	特許	特願 2015-103327
2	交流電磁石	特許	特願 2015-241610
3	収穫適期判定支援装置及び収穫適期判定支援プログラム	特許	特願 2016-13413
4	電界攪拌を用いた生体分子の迅速検出法	特許	特願 2016-20839
5	硬質磁性材料	特許	特願 2016-44907
6	光検知式水素ガスセンサ	特許	特願 2016-55934

#### 【平成27年度登録分】

※7件

No.	名 称	権利の別	出願番号
1	WC基W-Mo-Si-C系複合セラミックス及びその製造方法	特許	特願 2011-66045
2	低電圧駆動液晶レンズ	特許	特願 2010-44352
3	電界洗浄方法、電界免疫組織染色方法、電界洗浄装置及び、電界免疫組織染色装置	特許	特願 2014-9634
4	電界攪拌用電極及びこれを用いた電界攪拌方法	特許	特願 2015-22163
5	微小液滴を形成する反応デバイス及びこれを用いた電界攪拌方法	特許	特願 2015-22575
6	液滴形成用シャーレ及びこれを用いた電界攪拌方法	特許	特願 2015-22721
7	ゼータ電位制御法を用いた処理方法	特許	特願 2015-25880

#### 【平成27年度実施許諾分】

※15件

No.	発明の名称	期間
1	抵抗器	H13～
2	電界砥粒による刃先研磨仕上げ方法、及び刃先を有する微細部品の作成方法	H16～
3	工事用絶縁監視装置	H16～
4	アクチュエータの減衰方法およびアクチュエータ	H16～

No.	発明の名称	期間
5	生分解性樹脂を用いた打揚げ花火用玉皮、及びその製造方法	H17～
6	粒子分散型誘電流体を用いた加工法	H17～
7	粒子分散型誘電流体を用いた加工法	H18～
8	高硬度、高ヤング率、高破壊靱性値を有するWC-SiC系焼結体	H24～
9	液晶レンズ	H24～
10	迅速免疫染色等の技術並びにその周辺技術並びに装置	H25～
11	点滴モニタ	H25～
12	抵抗器その製造方法	H25～
13	高硬度、高ヤング率、高破壊靱性値を有するWC-SiC系焼結体	H26～
14	迅速免疫染色等の技術並びにその周辺技術並びに装置	H26～
15	水素水生成器	H27～

## 2-2 誌上・論文発表

No.	テーマ	著者	掲載誌名	年月
1	Fabrication and magneto-optical properties of perpendicular magnetic CoPt nanostructures formed by surface agglomeration of Ag	Yamane, H., Takeda, K., Kobayashi, M.	Japanese Journal of Applied Physics 54 PP. 06FJ09-1-7 (2015)	H27. 6 月
2	Effect of Added Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> on the Microstructure and Mechanical Properties of WC-SiC Ceramics	A. Nino, T. Sekine, K. Sugawara, S. Sugiyama and H. Taimatsu	Key Engineering Materials, Vols 656-657, 33-38, (2015)	H27. 7 月
3	Preparation and characterization of tantalum carbide (TaC) ceramics	A. Nino, T. Hirabara, S. Sugiyama and H. Taimatsu	Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials, Vol. 52, 203-208 (2015)	H27. 9 月
4	Novel method for immunofluorescence staining of mammalian eggs using non-contact alternating-current electric-field mixing of microdroplets	Shirasawa Hiromitsu, Kumagai Jin, Sato Emiko, Kabashima Katsuya, Kumazawa Yukiyo, Sato Wataru, Miura Hiroshi, Nakamura Ryuta, Nanjo Hiroshi, Minamiya Yoshihiro, Akagami Yoichi & Terada Yukihiro	Scientific Reports Sci. Rep. 5, 15371; doi: 10.1038/srep15371 (2015).	H27. 10 月
5	超音波霧化ノズル「Sonic-Jet」の塗布効率化に関する検討 =ランジュバン型振動子を用いた超音波噴霧における粒径微細化=	荒川亮, 森英季, 櫻田陽	超音波 TECHNO 第27巻 第6号, pp. 50-55	H27. 12 月

## 2-3 口頭発表

No.	テーマ	発表者	発表会名	年月日
1	超音波霧化ノズル (Sonic-Jet) の研究開発	荒川亮, 櫻田陽, 森英季	新世代塗布型電子デバイス技術研究組合 平成 27 年度 1 回技術委員会	H27. 5. 21
2	TiC-SiC 硬質セラミックスの合成と機械的性質	関根崇, 仁野章弘, 菅原靖, 杉山重彰, 泰松 斉	粉体粉末冶金協会平成 27 年度春季大会講演概要集, 30, (2015)	H27. 5. 26
3	TaC セラミックスの緻密化と特性評価	仁野章弘, 平原達朗, 杉山重彰, 泰松 斉	粉体粉末冶金協会平成 27 年度春季大会講演概要集, 33, (2015)	H27. 5. 26
4	急加熱急冷却による繊維強化樹脂超臨界発泡成形品の外観性向上	野辺理恵	プラスチック成形加工学会第 26 回年次大会	H27. 6. 3
5	秋田県における CAE を用いた企業支援について	荒川亮	第 20 回計算工学講演会	H27. 6. 9
6	Highly precise positioning X-Y stage for scanning probe microscopy	A. Sakurada, R. Arakawa, S. Mori, A. Naganawa, Y. Shibuya and G. Obinata	2015 JSME-IIP/ASME-IP S Joint Conference on Micromechatronics for Information and Precision Equipment	H27. 6. 17
7	超音波霧化ノズル (Sonic-Jet) の研究開発	荒川亮, 櫻田陽, 森英季	新世代塗布型電子デバイス技術研究組合 平成 27 年度第 2 回技術委員会	H27. 7. 2
8	航空機複合材料サマーキャンプの取り組み	藤嶋基	第三回 CFRP 研究会 講演会	H27. 7. 9
9	Improvement in Appearance of Fiber-reinforced Microcellular Foam by Rapid Heating and Cooling	野辺理恵	プラスチック成形加工学会東北・北海道支部第 4 回若手交流会	H27. 7. 17
10	電界非接触攪拌技術の今後の展開	中村竜太	平成 27 年度北東北ナノ・メディカルクラスター研究会サマーキャンプ	H27. 8. 8
11	バイオマスによる水素製造方法について (Part I)	遠田幸生	平成 27 年度 秋田県水素 (課題) 研究会	H27. 8. 24
12	超音波霧化における霧化表面形状の最適化	荒川亮, 櫻田陽, 森英季, 江藤真人, 長縄明大, 渋谷嗣, 大日方五郎	Dynamics and Design Conference 2015	H27. 8. 25
13	有機薄膜作成のための超音波霧化システムの開発	荒川亮	東北地域公設試験研究機関若手研究者合同研修会	H27. 9. 1
14	超音波噴霧におけるランジュバン型振動子の変位量と粒径に関する検討	荒川亮, 櫻田陽, 森英季, 江藤真人, 長縄明大, 渋谷嗣, 大日方五郎	2015 年度精密工学会秋季大会	H27. 9. 4

No.	テーマ	発表者	発表会名	年月日
15	電界非接触攪拌技術を用いた抗原抗体反応の迅速メカニズムの解明(第3報)～タンパク質の分子量の違いにおける抗体移動速度について～	中村竜太、赤上陽一、久住孝幸、南谷佳弘、加賀谷昌美、南條博	2015 年度精密工学会秋季大会	H27.9.4
16	新たな酸化セリウム砥粒再生技術及び再生装置の開発-第2報-	久住孝幸、中村竜太、赤上陽一、松下大作、照井伸太郎	2015 年度精密工学会秋季大会	H27.9.6
17	通電加圧焼結によるTiO <sub>2</sub> -TiB <sub>2</sub> 混合系の反応と焼結体の熱電特性	菅原靖、伊勢和幸、杉山重彰、布田潔	第12回日本熱電学会学術講演会予稿集, P107 (2015)	H27.9.7
18	[Fe/C/Co/C] 多層膜における正方晶歪と磁気異方性	藤島 周, 新宅一彦, 石尾俊二	第39回 日本磁気学会学術講演会	H27.9.10
19	新たな参加セリウム砥粒再生技術の開発及びその電界砥粒制御研磨 - 第3報-	久住孝幸、中村竜太、赤上陽一、池田 洋、松下大作、照井伸太郎	2015 年度砥粒加工学会	H27.9.10
20	MECHANICAL PROPERTIES AND MORPHOLOGY OF MICROCELLULAR INJECTION MOLDED POLYCARBONATE AND POLYCARBONATE/AB	野辺理恵	13th International Conference on Advances in Foam Materials & Technology	H27.9.10
21	電界非接触攪拌技術を用いた抗原抗体反応の迅速化とそのメカニズムに関する研究	中村竜太、赤上陽一、久住孝幸、南谷佳弘、南條博	日本機械学会 2015 年度年次大会	H27.9.15
22	リング型粉碎媒体を持つ乾式微粉碎機の本質バイオマス粉碎特性の検討	森英明、高橋武彦、伊藤一志、遠田幸生、畠山良秋、郷地元博	日本機械学会 2015 年次大会	H27.9.15
23	ZnO-Sm 薄膜の熱処理による構造変化	伊佐地育圭, 小林政信, 武田啓輔, 山根治起	2015 年秋期日本金属学会講演大会, P162 (2015)	H27.9.16
24	ZnO-V 薄膜の熱処理における構造変化	中崎悠介, 武田啓輔, 伊佐地育圭, 小林政信, 山根治起	2015 年秋期日本金属学会講演大会, P163 (2015)	H27.9.16
25	ITO-Fe 薄膜の熱処理による構造変化	天童作, 武田啓輔, 伊佐地育圭, 小林政信, 山根治起	2015 年秋期日本金属学会講演大会, P164 (2015)	H27.9.16
26	熱処理による Ag/ZnO ナノ構造の変化	武田啓輔, 山根治起, 小林政信	2015 年秋期日本金属学会講演大会, P172 (2015)	H27.9.16
27	Ag および Au の凝集現象により作製した CoPt 垂直磁化ナノ構造体の磁気光学特性	山根治起, 武田啓輔, 小林政信	2015 年秋期日本金属学会講演大会, P174 (2015)	H27.9.16
28	同一平面内を高速位置決めする XY ステージの基礎特性	櫻田陽, 荒川亮, 森英季, 長縄明大, 渋谷嗣	日本機械学会 2015 年度年次大会	H27.9.16
29	色彩測定によるりんごの収穫適期判定に関する基礎検討	石井雅樹, 山根治起	農業環境工学関連5学会 2015 年合同大会, P202 (2015)	H27.9.17
30	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> セラミックスの機械的性質におよぼす炭化物添加の効果	仁野章弘, 笹子綾子, 杉山重彰, 泰松 斉	日本金属学会 2015 年秋期大会講演概要集, 103, (2015)	H27.9.18

No.	テーマ	発表者	発表会名	年月日
31	超音波霧化ノズル (Sonic-Jet)の研究開発	荒川亮, 櫻田陽, 森英季	新世代塗布型電子デバイス技術研究組合 平成27年度第3回技術委員会	H27. 9. 24
32	ガラス研磨のための新技術 (電界砥粒制御技術・砥粒再生技術)	久住孝幸	第114回ニューガラスセミナー	H27. 10. 1
33	LAMP 接合	木村光彦	平成27年度産業技術連携推進会議 東北地域部会 秋季物質・材料・デザイン分科会	H27. 10. 1
34	バイオマスによる水素製造方法について (Part II)	遠田幸生	平成27年度 秋田県水素(課題)研究会	H27. 10. 9
35	東北再生可能エネルギー研究会の報告	遠田幸生	平成27年度 産業技術連携推進会議 東北地域部会 秋季資源・環境・エネルギー分科会	H27. 10. 16
36	自然エネルギーによる低コストな農業用温度制御栽培床の構築に向けて	経徳敏明	平成27年度 産業技術連携推進会議 東北地域部会 秋季資源・環境・エネルギー分科会	H27. 10. 16
37	微小液滴向け電界攪拌技術の開発と新たな医療機器分野への応用展開事例	中村竜太	平成27年度産業技術連携推進会議東北地域部会秋季機械・金属分科会	H27. 10. 19
38	誘電体散乱を利用した完全非金属製高周波電界センサ	黒澤 孝裕	JST 新技術説明会	H27. 10. 27
39	複合材料の非破壊検査	木村光彦	日本非破壊検査協会 新素材に関する非破壊試験部門ミニシンポジウム	H27. 11. 4
40	超音波霧化ノズル (Sonic-Jet)の研究開発	荒川亮, 櫻田陽, 森英季	新世代塗布型電子デバイス技術研究組合 平成27年度第4回技術委員会	H27. 11. 11
41	バインダーレス WC 基硬質セラミックスの機械的性質に及ぼす TiC 添加の影響	北林大樹, 仁野章弘, 杉山重彰, 泰松 斉	粉体粉末冶金協会平成27年度秋季大会講演概要集, 98, (2015)	H27. 11. 12
42	バインダーレス WC セラミックスの焼結性と機械的性質におよぼす ZrC 添加の効果	伊豆悠馬, 仁野章弘, 杉山重彰, 泰松 斉	粉体粉末冶金協会平成27年度秋季大会講演概要集, 99, (2015)	H27. 11. 12
43	TiC-SiC 硬質セラミックスの機械的性質と熱伝導率	関根崇, 仁野章弘, 菅原靖, 杉山重彰, 泰松 斉	粉体粉末冶金協会平成27年度秋季大会講演概要集, 109, (2015)	H27. 11. 12
44	Magneto-plasmonics on perpendicular magnetic CoPt nanostructures formed by surface agglomeration of Ag and Au	Yamane, H., Takeda, K., Kobayashi, M.	Digest of the 28th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2015), 6P-7-43 (2015)	H27. 11. 13

No.	テーマ	発表者	発表会名	年月日
45	リケジョの本音 挑戦のない目標はない	野辺理恵	理系女子(リケジョ)を目指そう in 秋田 2015	H27. 11. 15
46	東北再生可能エネルギー研究会活動報告～地方が水素社会に係わるためにできること～	遠田幸生	平成 27 年度 産業技術連携推進会議 環境・エネルギー部会 分科会 エネルギー研究会	H27. 11. 19
47	Si(100)上の MgO 超薄膜における表面ポテンシャルエネルギーのアニールによる変化	鈴木淑男	2015 年真空・表面科学合同講演会	H27. 12. 1
48	通電加圧焼結に TaC セラミックスの緻密化と特性評価	杉山重彰, 菅原靖, 平原達朗, 仁野章弘, 泰松斉	第 20 回 SPS 研究会講演要旨集, 29-30, (2015)	H27. 12. 3
49	ZnO-V 薄膜の熱処理における構造変化	中崎悠介, 武田啓輔, 伊佐地育圭, 山根治起, 小林政信	第 25 回日本 MRS 年次大会, F3-P9-009 (2015)	H27. 12. 9
50	熱処理による Ag/ZnO ナノ構造の変化	武田啓輔, 小林政信, 山根治起	第 25 回日本 MRS 年次大会, F3-P9-010 (2015)	H27. 12. 9
51	ZnO-Sm 薄膜の熱処理による構造変化	伊佐地育圭, 武田啓輔, 山根治起, 小林政信	第 25 回日本 MRS 年次大会, F3-P9-011 (2015)	H27. 12. 9
52	熱処理による ITO-Fe 薄膜の構造変化	天童作, 武田啓輔, 伊佐地育圭, 山根治起, 小林政信	第 25 回日本 MRS 年次大会, F3-P9-012 (2015)	H27. 12. 9
53	秋田県産業技術センターの医工連携への取り組みについて	中村竜太	7th 秋田大学医理工連携 “夢を語る会”	H27. 12. 16
54	電界砥粒制御技術発！電界攪拌技術 (EST) と医工コラボ	中村竜太	平成 27 年度北東北ナノ・メディカルクラスター研究会ウインターキャンプ	H27. 12. 25
55	高密度情報記録を実現するナノドット磁気デバイス開発への X 線ナノ計測応用	近藤祐治, 有明順, 鈴木基寛	(独) 日本学術振興会 「アモルファス・ナノ材料第 147 委員会」第 131 回研究会	H28. 1. 8
56	Effect of the third element addition to Fe/Co superlattices in magnetic anisotropy of tetragonal FeCo films.	K. Shintaku, S. Fujishima, S. Ishio	13th Joint MMM-Intermag Conference	H28. 1. 12
57	超音波霧化ノズル (Sonic-Jet) の研究開発	荒川亮, 櫻田陽, 森英季	新世代塗布型電子デバイス技術研究組合 平成 27 年度第 5 回技術委員会	H28. 1. 18
58	秋田県における産業の高度化及び活性化に関する取り組み	荒川亮	Printable Electronics 2016 地域活性化セミナー	H28. 1. 28
59	産学官連携による革新的医療機器の創出とさらなる新しいものづくりに向けて	中村竜太	IoT 推進ラボ 第 1 回テーマ別企業連携・案件組成イベント IoT Lab Connectiong	H28. 1. 28

No.	テーマ	発表者	発表会名	年月日
60	電界砥粒制御技術を用いた表面創成技術 ～研磨用技術から 医工連携へ～	赤上陽一、久住孝幸、中村竜太	理研シンポジウム 第18回「トライボコーティングの現状と将来」 -Green tribo-coating 技術及び医工連携への 取り組み-	H28. 2. 26
61	超音波霧化ノズル (Sonic-Jet)の研究開発	荒川亮, 櫻田陽, 森英季	新世代塗布型電子デバイス技術研究組合 平成27年度第6回技術委員会	H28. 3. 1
62	屋外における果実収穫適期判定を目的とした画像補正手法に関する検討	草田育美, 石井雅樹, 山根治起	平成27年度日本知能情報ファジィ学会東北支部研究会, T1-3 (2016)	H28. 3. 5
63	同一平面内を高速位置決めするXYステージの過渡現象の改善	櫻田陽, 荒川亮, 森英季, 長縄明大, 渋谷嗣	日本機械学会情報・知能・精密機器部門 (IIP部門) 講演会	H28. 3. 14
64	超音波霧化の効率を向上させるノズル先端形状に関する開発	荒川亮, 櫻田陽, 森英季, 江藤真人, 長縄明大, 渋谷嗣, 大日方五郎	2016年度精密工学会秋季大会	H28. 3. 15
65	電界攪拌技術を用いた抗原抗体反応の迅速メカニズムの解明 (第4報) ～迅速免疫組織染色技術の温度依存性について～	中村竜太、赤上陽一、久住孝幸、南谷佳弘、南條博	2016年度精密工学会春季大会	H28. 3. 15
66	電界砥粒制御技術をシーズ技術とした研究開発	久住孝幸	2016年度精密工学会春季大会 産学官連携のための新技術シーズ講演会	H28. 3. 15
67	コロイダルシリカスラリーの電界活性化技術	久住孝幸、池田洋、越後谷正見、中村竜太、赤上陽一	2016年度精密工学会春季大会	H28. 3. 16
68	劣化油の散乱マイクロ波スペクトル特性	鈴木耕也, 黒澤孝裕, 駒木根隆士	2016年電子情報通信学会総合大会	H28. 3. 17
69	光学的変調散乱素子を用いたLSIチップ上の高周波電界分布計測	黒澤孝裕	2016年電子情報通信学会総合大会	H28. 3. 18
70	超臨界発泡射出成形法による軽量化と高強度化	野辺理恵	プラスチック成形加工学会東北・北海道支部講演会	H28. 3. 18
71	Effects of asymmetrical potential barriers on spin injection into nonmagnet	Toshio Suzuki	第63回応用物理学会春季学術講演会	H28. 3. 19
72	スリット電極型液晶シンドリカルレンズアレイによる光偏向効果 (III)	内田勝, 梁瀬智, 王濱	第63回応用物理学会春季学術講演会予稿集, 19a-P3-26 (2016)	H28. 3. 19
73	積層液晶マイクロレンズアレイの光拡散の増大効果	梁瀬智, 内田勝, 王濱	第63回応用物理学会春季学術講演会予稿集, 22a-P2-1 (2016)	H28. 3. 22
74	CoPt 薄膜の磁気特性に対するAZOの影響	天童作, 武田啓輔, 伊佐地育圭, 小林政信, 山根治起	2016年春期日本金属学会講演大会, P69 (2016)	H28. 3. 23

No.	テーマ	発表者	発表会名	年月日
75	TaC 添加バインダーレス WC の微細組織と機械的性質	仁野章弘, 伊豆悠馬, 杉山重彰, 泰松 斉	日本金属学会 2016 年春期大会講演概要集, 361, (2016)	H28. 3. 23
76	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> セラミックスの機械的性質に及ぼす Ti(C, N)添加の効果	高橋 元, 仁野章弘, 杉山重彰, 泰松 斉	日本金属学会 2016 年春期大会講演概要集, 362, (2016)	H28. 3. 23
77	自然エネルギーによる低コストな農業用温度制御栽培床に係る実現可能性調査	経徳敏明、齋藤昭則、齋藤進、松倉和浩	平成 27 年度秋田県産学官連携促進事業研究成果報告会	H28. 3. 25
78	日本医療研究開発機構 平成 27 年度医工連携事業化推進事業 “癌の分子標的薬の適応を迅速に決定する装置の開発” 進捗状況	中村竜太	平成 27 年度北東北ナノ・メディカルクラスター研究会スプリングキャンプ	H28. 3. 26

#### 2-4 各種表彰

No.	テーマ	受賞者	表彰名	年月
1	光学的変調散乱素子を用いた高周波電界計測システム	黒澤孝裕, 駒木根隆士	2014 年度電子情報通信学会 通信ソサイエティ優秀論文賞	H27. 5 月
2	電界砥粒制御技術を応用した電界非接触攪拌技術の開発と免疫組織染色への応用展開およびその迅速化メカニズム解明	中村竜太	第 11 回 精密工学会 技術奨励賞	H27. 9 月
3	生産品質検査のオンライン化を実現した電動型硬さ試験機	森 英季, 櫻田 陽, 境屋博司, 安保 徹, 渋谷 嗣, 長縄 明大, 江藤 公子	第 6 回 ものづくり日本大賞 東北経済産業局長賞	H27. 11 月
4	電界砥粒制御技術を用いた表面創成技術	赤上 陽一、久住 孝幸、中村 竜太	第 8 回 岩木トライボコーティングネットワークアワード大賞	H27. 10 月
5	Spin Transport in Nondegenerate Si with a Spin MOSFET Structure at Room Temperature	Tomoyuki Sasaki, Yuichiro Ando, Makoto Kamenno, Takayuki Tahara, Hayato Koike, Tohru Oikawa, Toshio Suzuki, and Masashi Shiraishi	応用物理学会シリコンテクノロジー分科会論文賞	H28. 3 月

#### 2-5 一般公開

平成 27 年 7 月 3 日 : 41 名

2-6 イベント・セミナー

No.	名 称	主催者	場 所	年月日
1	ナノ・マイクロ ビジネス展(小間E-11)	一般財団法人マイクロマシンセンター	パシフィコ横浜	H27. 4. 22-24
2	中小企業応援フェスタ	秋田県	にぎわい交流館AU (秋田市)	H27. 7. 20
3	青森・岩手・秋田自動車関連技術展示商談会 in デンソー (小間 No. 58)	青森・岩手・秋田自動車関連技術展示商談会 in デンソー実行委員会	(株)デンソー	H27. 7. 30~31
4	THE KAGAKU	秋田市自然科学学習館	秋田県産業技術センター	H27. 8. 20
5	Printable Electronics 2016 (小間番号 3G-25)	株式会社 加工技術研究会	東京ビッグサイト	H28. 1. 27-29
6	IoT 推進ラボ 第 1 回テーマ別企業連携・案件組成イベント IoT Lab Connectiong (自治体ブース)	経済産業省	一橋講堂	H28. 1. 28
7	とうほく・北海道 新技術・新工法展示商談会	とうほく自動車産業集積連携会議、北海道自動車産業集積促進協議会	トヨタ自動車株式会社 本館ホール	H28. 2. 4 ~ 5
8	冬のサイエンスフェスティバル	秋田市自然科学学習館	秋田市民交流プラザ (秋田市)	H28. 2. 20
9	第 63 回応用物理学会春季学術講演会 JSAP EXPO Spring 2016	公益社団法人 応用物理学会	東京工業大学	H28. 3. 19 ~22

2-7 新聞・一般誌掲載・テレビ放映等

No.	掲載年月日	掲載紙名等	掲載見出し
1	H27. 5. 15	秋田魁新報	鋳型積層造形用3Dプリンター 国産第1号を導入へ
2	H27. 5. 26	日刊工業新聞	秋田県産業技術センター (広告)
3	H27. 6. 4	日刊工業新聞	秋田の産学官、医療機器に照準
4	H27. 6. 25	日本経済新聞	アスター、高効率コイル モーター用コイル開発
5	H27. 7. 3	秋田放送	県産業技術センター 成果報告会
6	H27. 7. 4	秋田魁新報	手首用ギプス共同開発 県産業技術センター3Dプリンター
7	H27. 7. 29	秋田魁新報	企業レポートあきた2015 水素水生成器を開発
8	H27. 10. 8	秋田魁新報	秋田市のマツザワ 国内最小 硬さ試験機
9	H27. 10. 22	日刊工業新聞	産総研と地域企業 産業振興と連携 アスター
10	H27. 11. 11	秋田魁新報	特集 秋田・航空機産業の可能性 成長の条件2
11	H27. 11. 12	秋田魁新報	特集 秋田・航空機産業の可能性 成長の条件3
12	H27. 11. 16	秋田魁新報	「リケジョ」目指す高校生にエール
13	H27. 12. 8	秋田魁新報	TDK 80年と地域経済 激動の軌跡 上
14	H27. 12. 10	秋田魁新報	TDK 80年と地域経済 激動の軌跡 下
15	H28. 1. 9	秋田魁新報	分子標的の抗がん剤 短時間で適応判定
16	H28. 1. 21	秋田魁新報	受注拡大へ連携探る 秋田市で初の県航空機産業フェア
17	H28. 1. 22	秋田魁新報	中国のEVバスメーカー代表 県内企業と連携「前向き」
18	H28. 2. 2	秋田魁新報	新素材 セルロースナノファイバーファイバー
19	H28. 2. 2	朝日新聞	航空機参入 飛躍の時
20	H28. 2. 5	秋田魁新報	車まるごと太陽電池!! 有機半導体材料をスプレー
21	H28. 2. 18	朝日新聞	秋田産学官の技 対がん検査 20時間→3時間
22	H28. 2. 23	秋田魁新報	一般質問の要旨 自動運転、実験誘致を
23	H28. 2. 25	フジサンケイ	リンゴ生産者向け収穫適期判定アプリを開発
24	H28. 3. 2	秋田経済新聞	「リンゴの収穫適期判定」アプリ 秋田県と地元企業がコラボ
25	H28. 3. 2	日本放送協会	リンゴの収穫適期をアプリで判定
26	H28. 3. 4	週刊アキタ	秋田市の企業がアプリ開発 リンゴの収穫時期をスマホで判定
27	H28. 3. 8	秋田放送	(有)ビューのPnittyMouseの開発に関する技術支援
28	H28. 3. 17	日刊工業新聞	軟水から水素水 携帯型生成装置

3. 所内見学

3-1 一般見学

平成27年度計：233名

3-2 一般公開

平成27年7月3日：41名(再掲)



## IV 研究報告



## IV-1 産業新生技術イノベーション事業

# 輸送機産業集積化事業

## - 難削材料の機械加工に関する研究 (3) -

先進プロセス・医工連携グループ 加藤 勝、沓澤 圭一

### **Transportation Equipment Industry Clustering project - Study on Machining of Difficult-to-cut Materials (3)-**

Advanced Processing/ medical-engineering collaboration Group  
Masaru KATO, Keiichi KUTSUZAWA

#### 抄録

近年、航空機産業、宇宙産業、自動車産業、原子力産業の発展に伴い、耐熱合金の使用が増加してきている。耐熱合金は高強度で高い耐熱性を持つため、加工が困難な難削材として知られている。特に切削加工においては、加工品位や工具摩耗の点で極めて困難である。本研究では、航空機のエンジン部品等で使用されているニッケル基耐熱合金であるインコネル 718 を対象に、市販されているドリル工具でインコネル 718 の穴あけ加工実験を行い、工具の性能評価を行った。

[キーワード：インコネル 718、超耐熱合金、難削材、ドリル加工、工具摩耗]

#### Abstract

Recently, the use of a heat-resistant alloy has increased with the development of the industry of the airplane, automobile, aerospace, nuclear power. A heat-resistant alloy have characteristics of high strength and high heat resistance, they are regarded as difficult-to-cut materials. Especially, in cutting, it is extremely difficult in that the machined surface integrity is degraded and the tool wear is caused. In this study, we experimented drilling of Inconel718 of Nickel-based heat resistant alloys by using a cutting tool which is commercially available as a super heat-resistant alloy processing, and evaluated the performance of these cutting tool.

[ Key words: Inconel718, super heat-resistant alloy, difficult-to-cut material, drilling, tool wear ]

#### 1. はじめに

航空機産業、宇宙産業、自動車産業、原子力産業の発展に伴い、超耐熱合金の使用が増加してきている。中でも、航空機や自動車のエンジン部品にはニッケル基超耐熱合金であるインコネル材が多用されているが、これらは切削加工が困難な難削材として知られている。

近年、各工具メーカーから超耐熱合金加工用と称される工具が販売されるようになってきた。そこで本報では、ニッケル基超耐熱合金であるインコネル 718 を対象に、数種類のドリル工具を用いて穴あけ加工実験を行い、工具摩耗や加工状態について調査したのでその一部を報告する。

#### 2. インコネル 718 材の穴あけ加工実験と工具摩耗・加工状態評価

直径 100mm、厚さ 5mm のインコネル 718 を対象に、耐熱合金加工用として市販されているドリル先端にオイルホールがある超硬コーティングドリル 3 種類、超硬ソリッドドリル 1 種類、ハイスコーティングドリル 1 種類の計 4 社 5 種類のドリルを用いて、5 軸制御立形マシニングセンタ（オークマ製 mu-400VII）で G81 固定サイ

クルによる穴あけ加工実験を行った。被削材はバイスに挟んで固定し、各ドリルとも時間の関係上、40穴まで加工した。切削加工条件を表1に示す。メーカ推奨条件を基に、超硬母材工具は切削速度約20m/min、ハイス母材工具は切削速度約7m/minとし、その他は同一条件とした。評価として、工具摩耗と加工面状態をデジタルマイクロスコープ（オリンパス製 DSX100）で観察し、加工穴径はピンゲージで最大通り穴径を測定した。

図1に、工具摩耗及びインコネル718材の40穴目の出口側の加工状態、40穴の加工穴径を示す。工具摩耗については、超硬コーティングのオイルホール内部給油タイプが摩耗が少なく、中でもO社の工具が比較的良好な結果を示した。超硬ソリッドは先端にチッピング見受けられ、ハイスコーティングはやや摩耗が多かった。

出口側の穴加工状態については、いずれの工具も円周上に僅かなバリが観察されたものの、明確な差は認められなかった。穴径については、SA社以外の工具は0.01~0.02mmの差であり、ハイスコーティング工具も安定していた。しかし、SA社の工具は、0.4mm弱もバラツキがあり、出口側写真を見てもわかるように、半数以上で穴が三角形になっているのが確認された。以上の結果から、O社製超硬コーティング工具が優れた性能を示し、加工条件を下げればハイスコーティング工具でも加工が可能であることがわかった。

### 3. まとめ

インコネル718材の穴あけ加工における加工データを蓄積した。今後も複合材や難削材の加工データ蓄積を図っていく予定である。

表1 切削加工条件

番号	メーカ	形状	材種
①	O社	オイルホール	超硬コーティング
②	M社	オイルホール	超硬コーティング
③	SA社	オイルホール	超硬コーティング
④	S社	ノーマル	超硬ソリッド
⑤	O社	ノーマル	ハイスコーティング
被削材			インコネル718(φ100×t5mm)
加工条件			①~④   ⑤
工具径(mm)			6
主軸回転数(min <sup>-1</sup> )			1100   370
切削速度(m/min)			20.7   7.0
送り速度(mm/min)			110   37
1回転当たりの送り(mm/rev)			0.1   0.1
加工方式			G81固定サイクル
穴加工数(ヶ)			40
クーラント			水溶性ソリューション

工具	タイプ	新品	40穴加工後	40穴目加工状態(出口)	結果
①O社	超硬コーティング(内部給油)				刃先摩耗小 ○ 穴径 φ5.98~φ5.99mm ○
②M社	超硬コーティング(内部給油)				刃先摩耗中 やや溶着有 △ 穴径 φ5.97~φ5.98mm ○
③SA社	超硬コーティング(内部給油)				刃先摩耗中 溶着有△ 穴径 φ5.90~φ5.99mm ×
④S社	超硬ソリッド(外部給油)				刃先摩耗中 チッピング有 溶着有× 穴径 φ5.98~φ6.00mm △
⑤O社	ハイスコーティング(外部給油)				刃先摩耗大 やや溶着有 △ 穴径 φ5.98~φ5.99mm ○

図1 工具摩耗とインコネル718材の加工状態及び穴径

# 輸送機産業集積化事業

## - 輸送機関連産業への新規参入と取引拡大支援 -

技術コーディネート班 岡田 紀子

### **Transportation Equipment Industry Clustering project - New entry and business extended support to aerospace-related industry -**

Technology coordinate Group

Noriko OKADA

#### 抄録

航空宇宙産業への新規参入の障壁とも言われている、航空宇宙の認証規格 AS/EN/JIS Q 9100 の取得支援、認証規格の情報提供を行ってきた。また、すでに認証規格を取得した企業への規格改正情報の提供、特殊工程の国際認証である Nadcap の取得支援を行っている。今年度行ったその概要を報告する。

[キーワード：AS/EN/JIS Q 9100、Nadcap、航空宇宙、認証取得]

#### Abstract

We performed acquisition support of certification standard AS/EN/JIS Q 9100 of the aerospace that was said to be the wall of the new entry to aerospace, the reporting of the certification standard. In addition, the standard revision information was provided to the company which already acquired a certification standard, and support the acquisition of Nadcap which is the international certification of the special process. The summary which went this year were reported.

[ Key words: AS/EN/JIS Q 9100, Nadcap, aerospace, certification ]

#### 1. はじめに

当センターでは、航空宇宙の認証規格の取得支援を 2008 年から継続的に実施してきている。当初は、十分な支援ができるほどの知識や情報を保有していなかった。JIS Q 9100 : 2004 から JIS Q 9100:2009 への改正に伴う規格の移行を経験し、認証規格の取得希望企業が少しずつ増加している現在、認証規格を取得する前に知るべき情報から取得後まで、個々の企業の現状に合わせた情報提供を行ってきた。そしてまた、2009 年版から 2016 年版への規格の移行という時期にさしかかり、できるだけ新しい情報を必要とする企業へ届け、新規取得希望企業への支援も継続している。

Nadcap は、航空宇宙産業における特殊工程作業に対する国際的な認証制度で、実際に航空宇宙製品を受注・製造している企業が対象となる。現在 18 種類の特殊工程の審査が行われていて、受注・製造している製品の製造過程を審査される。今年度は実際の認証制度取得の支援を行い、その手順や情報を身につけることができた。今後、認証を受審希望している企業も出てきており、航空宇宙関連製品の受注に繋がることを期待している。

#### 2. 航空宇宙の認証規格 AS/EN/JIS Q 9100 の取得支援

取得支援は、認証取得希望のあった企業に出向くか、当センターに来ていただく形で行っている。最初に、希望する企業の現状（他の認証の有無、過去の経験、現在の製品等）を把握し、取得活動を行う前に計画を立てるために必要な審査機関や規格の情報を提供している。取得の計画が決まっている場合、その計画に合わせて取得までに

行う運用期間、トライアル製品（規格に則った工程の確認や実施の記録を残す）などを計画に挿入し、文書や書類を含めて審査までの準備期間を支援する。また、審査の立会いも許可が下りた場合に行う。審査が終了して、希望する場合に審査での不適合の指摘について、是正処置の提案を行う。

今年度は、来年度に行われる規格の改訂の情報を含めて、今後の取得希望企業に情報提供を行っている。

実績として、審査までの支援を行った企業が2社（内1社が審査終了、登録待ち）、取得希望企業へのプレゼンテーションが2社（こちらは規格の改訂後に取得予定）となった。

### 3. Nadcap の取得支援

前年度から引き続き Nadcap 取得の計画・審査受審の企業について、継続した支援と審査の立会いを行った。

今回初めて審査に立ち会わせていただき、現状の審査の流れについて把握できたことが大きな収穫になった。今回審査を受けた企業については、JIS Q 9100 の取得から支援をはじめ、その後の海外企業による工場審査の立会いを含めて、長期にわたって継続的に支援を続けている。代表的な Nadcap 認証を以下に示す。

代表的な Nadcap 認証の種類とそのスコープ（参照：<http://www.tfmc.co.jp/tfmnadcap.html>）

認証の種類	スコープ
化学処理 (Chemical Processing)	アノダイジング、化成被膜処理、メッキ、エッチング等
コーティング (Coatings)	溶射、蒸着等
複合材 (Composites)	複合材成形、金属接着、コア処理等
従来型機械加工 (Conventional Machining as a Special Process)	穴明け、ミーリング、研磨等
エレクトロニクス (Electronics)	プリントドサーキットボード等
熱処理 (Heat Treating)	熱処理工程、設備、高温測定、浸炭、窒化、ろう付け等
材料試験ラボ (Materials Testing Laboratories)	化学的試験、機械的試験、金属組織、硬度、腐食等
測定および検査 (Measurement & Inspection)	三次元測定機、レーザートラッカー等
非破壊検査 (Nondestructive Testing)	浸透探傷、超音波探傷、放射線探傷、渦流探傷、磁粉探傷
特殊機械加工および表面強化 (Nonconventional Machining and Surface Enhancement)	電解加工、電解研磨、放電加工、レーザー加工、ショットピーニング
非金属材料製造 (Non Metallic Materials Manufacturing)	樹脂、接着フィルム、コア等の製造
溶接 (Welding)	拡散溶接、熔融溶接、電子ビーム溶接、抵抗溶接、レーザー溶接等

来年度は、すでに取得した企業のフォローと、新規取得希望 2 社について、情報提供および必要に応じた支援を行っていく予定である。

### 4. まとめ

今年度の JIS Q 9100 : 2009 年版の認証取得企業が 1 社、審査終了で登録待ちの企業が 1 社、Nadcap の認証を 1 社が取得した。

## 環境共生エネルギー産業化事業

### - 脱温暖化のための新エネルギー・省エネルギー技術開発 -

環境・エネルギーグループ 遠田 幸生、経徳 敏明  
技術コーディネート班 松倉 和浩  
技術顧問 齋藤 昭則

## Industrialization of Environmental symbiosis energy - Development of New Energy Conservation Technology against Global warming -

Environment and Energy Technology Development Group Yukio ENDA, Toshiaki KEITOKU  
Technology Coordinate Group Kazuhiro MATSUKURA  
Technical Adviser Akinori SAITO

### 抄録

周年での農作物栽培環境制御において低コストでの自然エネルギー活用の基礎技術確立を目指し、その熱源として地中熱、もみ殻発酵熱に着目した。実証試験地において、年間での気温変化及び利用できる地中温度の測定や、試作したもみ殻発酵槽を用いて発酵試験を実施した。

[キーワード：熱利用、自然エネルギー、地中熱、もみ殻発酵熱]

### Abstract

The target of this study is to establishment of the fundamental technique of the cultivation environment control using natural energy with low cost. The ground thermal energy and fermentation heat of the chaff were used on as heat sources. Annual change of temperature and ground thermal temperature were measured in the test field place. Also the fermentation test was performed by using prototype of fermenter.

[ Key words: thermal energy system, natural energy, ground thermal energy, fermentation heat of chaff ]

### 1. はじめに

エネルギー消費の抑制やCO<sub>2</sub>排出削減要求により自然エネルギーを利用したシステムが注目されている。農業分野でも周年栽培収穫を目指して自然エネルギーを活用した様々なシステムが導入されつつあるが、初期コストが高いために一部の農業従事者や平野部の比較的規模の大きい農家が主である。そのため、農業が基幹産業である中山間地域の個人農家でも導入出来るような、低コストでの自然エネルギー活用農業の基礎技術の確立が所望されている。具体的には1年を通しての作物の栽培環境実現を目指し、そのための熱源として、具体的には広い農地で利用可能な地中熱と、農家で大量に排出されるもみ殻の発酵熱に着目した。今年度は実証試験地（農地）において気温や年間で利用できる地中温度の測定や、もみ殻発酵熱について試験等を行ったので、これらについて報告する。

### 2. 地中熱利用

実証試験地である農地には、最深部で深さ約5m、幅約80cm、長さ約8mの穴を掘り、地下5m深さに1系統、地下3m深さに2系統、2段で合計3系統の採熱管（材質：PE）を埋設してある。この採熱管を用いて循環ポン

プにより循環水を導入して温度を測定することにより、地中温度の測定を試みた。図1に地中温度の測定状況を示す。タンク内の循環水をポンプにより地中に埋設した採熱管へ導入し、その温度を測定することで、地中温度を推定した。この測定を約1ヶ月に一度の割合で1年間測定した結果を図2に示す。それぞれの測定日における地下深さ3mと5mでの温度差は小さく、年間の温度変化もほぼ同じ傾向であることを確認した。

一方、外気との比較で見ると、気温が氷点下から30℃まで大きく変化中、地中温度としては1年を通して10・15℃をほぼ維持していることが分かった。

### 3. もみ殻発酵熱

もみ殻発酵について、室内で事前に発酵テストを行った。もみ殻、米ぬか、水等を発酵資材として、資材量や分量を変えて発酵の状況を調査した。最終的に保温養生を施した容量100Lの容器に発酵資材を約20kg投入し、容器内中心付近の温度を測定した結果、発酵熱により最高で55℃以上まで上昇することを確認した。室外に設置する際の環境、期待されるもみ殻の断熱効果を考慮し、1×1×1.5mの発酵槽を作製した(図3)。これを実証試験地に設置して、冬季の室外環境下で発酵テストを行った。その結果の一部を図4に示す。外気温が0℃前後であっても、発酵槽内の温度は最高で



図3 試作した発酵槽

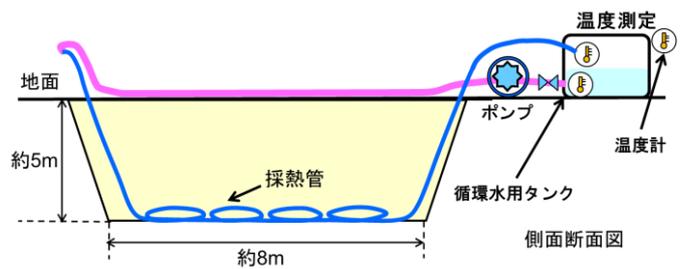


図1 地中温度の測定状況

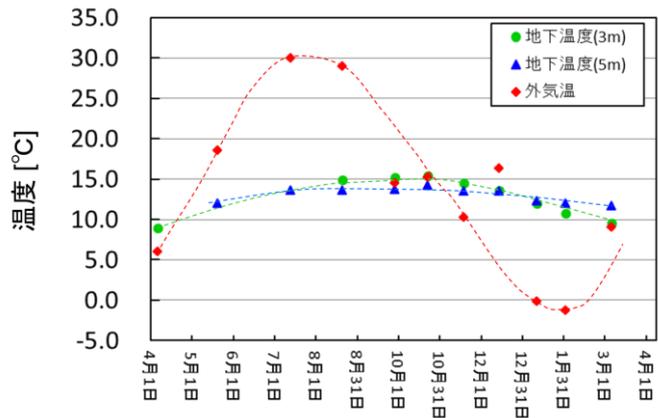


図2 外気温と地中温度の年変化

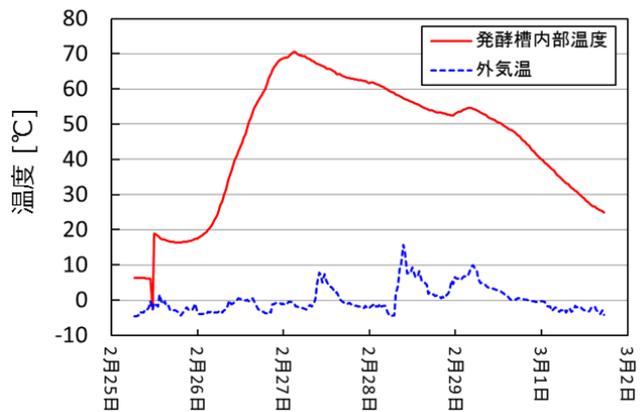


図4 もみ殻発酵槽内部温度及び外気温変化の様子

70℃を超えるところまで上昇した。何回か試験を行った結果、発酵開始後は発酵資材を投入したままの状態でも40℃以上の高温を4、5日程度維持できることが分かった。

### 4. まとめ

低コストな自然エネルギー活用農業システムの熱源として地中熱及びもみ殻発酵熱に着目した。農地の地下3mおよび5mに地中熱採熱管を埋設し、水を循環させて年間で利用できる地中温度を調査した。その結果、地下3mと5mでの温度差は小さく、1年を通してほぼ10-15℃程度の温度を維持していることが分かった。また、もみ殻発酵槽を試作し、発酵熱で得られる温度を調査した。発酵による温度は最高で約70℃で、40℃以上の高温を4日程度は維持出来ることが分かった。今後、これらを熱源とした作物の栽培環境実現を目指して展開していく予定である。

# 環境共生エネルギー産業化事業

## - 小水力発電実用化のための技術開発 -

環境・エネルギーグループ 井上 真

### Industrialization of Environmental symbiosis energy

#### - Small hydropower generation technology development for practical application -

Environment and Energy Technology Development Group Makoto INOUE

#### 抄録

再生可能エネルギーとして期待されている小水力発電方式の一つとして螺旋水車がある。螺旋水車は低流量・低落差でも発電が可能である事から今後の需要が伸びると期待されている。平成 24 年度に全長 260mm の螺旋水車の発電実験が実施され、その後も研究が続けられてきた。今回は CFD (Computational Fluid Dynamics) 解析を実施して実験データと比較すると共に将来的に大型の螺旋水車の設計提案をする。

[キーワード: 小水力発電、マイクロ水力発電、螺旋水車、スクリュー、農業用水路、CFD]

#### Abstract

The spiral waterwheel is expected as one of the small hydropower generation methods for renewable energy generation. The demand of the spiral waterwheel will increase, because power generation is possible with little flow quantity and low head.

The power generation examination using the spiral waterwheel of the 260mm height was conducted until from 2012 to 2016. In this year, CFD analysis was carried out and compared it with the experimental data. As a result, because CFD analysis had good correlation with experiment data, it will be applied for scale-up design of the spiral waterwheel.

[ Key words: small hydropower generation, spiral waterwheel, CFD Analysis ]

### 1. はじめに

秋田県は豊かな水資源と広大な農地を有しているために、小水力発電活用の高い潜在力がある。農業用水路を利用した小水力発電として多種の電源利用が想定される。例えばビニールハウスの照明や貯蔵庫、有害動物から農作物を守るために防虫灯やサイレン、また非常用電力源などである。螺旋水車は自然エネルギーを容易に活用できるといった観点で見直され、大学や研究団体などで発電利用の研究が行われており次のような利点

がある。(1)(2)

- ①低流量・低落差でも発電が可能であることから農業用水路に適しており多くの需要が見込める。
- ②重力による水の位置エネルギーを利用するために効率は高い。従来のマイクロ水力発電の効率は 10~40%であるのに対して螺旋水車による発電効率は 50~70%が期待できる。
- ③小水力発電はシステムにゴミが絡まると安定稼働しないが螺旋水車の場合はゴミに強い。

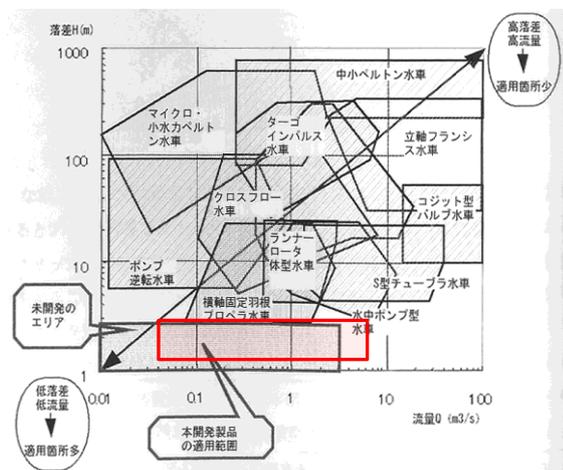


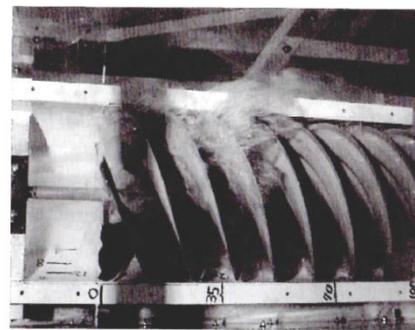
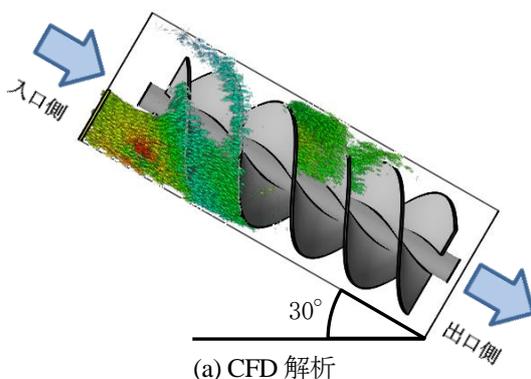
図 1 水車の開発エリア(1)

## 2. 研究目的

平成 24 年度に秋田県産学官連携促進事業フーズビリティスタディ支援事業において発電実験を実施した。それ以外にも螺旋水車の基本的な動作解析、また羽傾き角度の最適化のための解析を実施した。その後も螺旋水車の高効率化における研究を続けてきた。<sup>(3)(4)</sup> 今回の研究では CFD 解析を実施して過去の実験データと比較し、そのデータを活用することで、将来的に大型の螺旋水車の設計提案をすることを目的とする。

## 3. CFD 解析と流体実験による検証

CFD 解析は XFLOW2014 を用いることで内部流れのメカニズムを解明する。その解析原理はボルツマン輸送運動方程式である。流体をある粒子の集合体と仮定して、粒子の分布関数と速度、衝突項を導入することで全体の流体現象の解析をする。解析条件は螺旋水車の傾き角度を 30° に設定し、水車がほぼ半没する水位となるように入口側の流速 0.4~0.8m/s の範囲で与える。螺旋水車は全没すると水車出力は著しく低下するため、概ね半没する時の好条件となるように各々のケースで流量条件を調節した。



(a) CFD 解析

(b)流体実験<sup>(1)</sup>

図 2 CFD と流体実験の比較 (全長×直径=1.00×0.50 m)

表 1 CFD 水車出力 (括弧は実験データ)

水車サイズ 全長×直径, m	水車出力, W
0.26×0.10	1.6 (1.7)
0.50×0.25	14
1.00×0.50	40.6 (35) <sup>(1)</sup>
2.00×1.00	2250
4.00×2.00	16500

図 2 (b)は文献<sup>(1)</sup>から引用したが、そこには「流入する水の速度が、水車羽の回転によって送り出される速度よりも大きくなると、水車羽が水流をキャッチすることができずにエネルギーロスを起こす。」との内容が述べられている。これは螺旋水車特有の現象であり、図 2 (a)に示すように CFD による本現象を再現ができた。表 1 に示すように CFD と実験の水車出力は 10~15%ほどの誤差が生じたものの、ほぼ実験の再現ができたと考えられる。誤差の主な原因は、ベアリングと軸の間の摩擦である。今回の CFD 解析では金属同士の一般的な摩擦係数を設定したが、実験ではベアリングが水没するために、摩擦係数が実験と異なることが予想される。今回の研究では、

全長 1.0m サイズの螺旋水車の実験の再現が成功したことから、将来的に数メートル規模の螺旋水車の設計提案が可能であると考えている。

## 4. 参考文献

- (1) 甦らせん水車 (マイクロ水力発電への可能性を探る) 瀧本裕二 著
- (2) 「農用水を利用したマイクロ水力発電システムの開発」石川県立大学 瀧本 准教授 著
- (3) 秋田県産業技術センター平成 25 年度業務年報 P57-58
- (4) 秋田県産業技術センター平成 26 年度業務年報 P57-58

# 環境共生エネルギー産業化事業

## - 省エネ型人工炭酸泉装置の開発 -

環境・エネルギーグループ 井上 真

### **Industrialization of Environmental symbiosis energy - Development of artificial carbonated spring of energy saving type -**

Environment and Energy Technology Development Group Makoto INOUE

#### 抄録

近年、人工炭酸泉の需要が高まりを見せている。大学病院や福祉施設、美容店、一般家庭住宅に至るまで急速に普及が進んでいる。人工炭酸泉のボーア効果による血行促進効果について、大学の医学部などの研究機関で数多くの研究論文が出ている。特に足病変の下肢切断を回避するための非常に有効な医療機器である。

人工炭酸泉の性能を決定する指標の一つに水中の炭酸濃度（ppm）がある。液体の気体への溶解度はヘンリーの法則に従う。この法則によると炭酸濃度は温度と圧力により決定される。本研究では、人工炭酸泉の水温と圧力が及ぼす影響を調べる。

[キーワード：人工炭酸泉、ボーア効果、血行促進、ヘンリーの法則、炭酸濃度、医療機器、ヘルスケア、美容]

#### Abstract

In late years, the demand of artificial carbonated spring is increasing. It rapidly spread to university hospital and welfare institution, beauty shop, standard house. Many research papers about the effect to improve blood circulation by the Bohr effect of artificial carbonated spring are published from the research organizations such as medical departments of university, and in particular, the device becomes very effective medical equipment for evasion of foot cutting.

The carbon dioxide concentration in water of the artificial carbonated spring device is influenced by temperature and pressure of the carbonate mixed water. Therefore, the relations of the temperature and pressure of the water were examined for the purpose of raising the performance of the artificial carbonated spring device in this research.

[ Key words: artificial carbonated spring, Bohr effect, carbon dioxide concentration in water, medical instrument]

#### 1. はじめに

人工炭酸泉による入浴が健康に良いとされるメカニズムはボーア効果で説明される。ボーア効果とは体内で二酸化炭素が増加して酸性になると、ヘモグロビンは酸素を離し、逆に肺では二酸化炭素が呼出されるのでヘモグロビンは酸素と結合しやすい。つまり、体内の酸素と二酸化炭素の入れ替えを促進することで、血流量が増え体内の新陳代謝は促進され健康が増進される。具体的な改善事例を挙げると、人工炭酸泉足浴後の血流量計測を行った結果、同じ温度の水道水に比べ血流量は有意な増加を示した。<sup>(1)</sup> また名古屋共立病院では閉塞性動脈硬化症の患者に対してリハビリテーションプログラムの一つに人工炭酸泉足浴を導入している。更には小動脈閉塞性疾患や炭酸温泉療養や心臓・循環器系機能についての効果も期待できる。<sup>(2),(3)</sup> このことから当センターでは県内企業と人工炭酸泉装置の開発に取り組んでいる。

## 2. 実験の目的

水に対する炭酸の溶解度はヘンリーの法則で説明できることから、これまでヘンリーの法則の数値解析を実施してその傾向を明らかにした。今回はヘンリーの法則の傾向に従うか実験による検証をすることで、炭酸が水に溶解する原理を明らかにする。そして炭酸水混合装置の性能が最大限生かせるようなパラメータを探索することを目的とする。

## 3. 実験方法

図1に示す実験装置は、秋田県産業労働部地域振興課「がんばる中小企業 応援事がんばる中小企業」にて川村鐵工株式会社が製造した装置をそのまま利用しているが、純粋にヘンリーの法則が人工炭酸泉に適用できるかを調査するため、通常搭載されているミキシング機構を省いたシステムとなっている。水の供給は一般的な水道の蛇口を想定しており最高圧力で300kPaを与えられ、水道水の初期pH値は7.2、水温は6.8℃~46.5℃にて実験が行われた。炭酸ガスはパイプを流れる水道水に直行する方向に流入させる。炭酸ガスは圧力調整器により、ガス圧と流量が調節可能であり、それぞれ、3.0L/min、0.33MPaに設定した。また水道入り口直後の一次圧と排水直前の二次圧も計測した。そして、一次圧と二次圧を加算し、平均した圧力を平均圧力と定義した。本装置ではミキシング機構を削除しているために、混相流は直流のまま排水され、排水された炭酸水のpHや吐水量が計測される。各温度毎で前述した測定を繰り返すが、ミキシング機構がなく初期段階の気化が多いため、排水された炭酸水は静置10分後の計測でほぼ安定している。

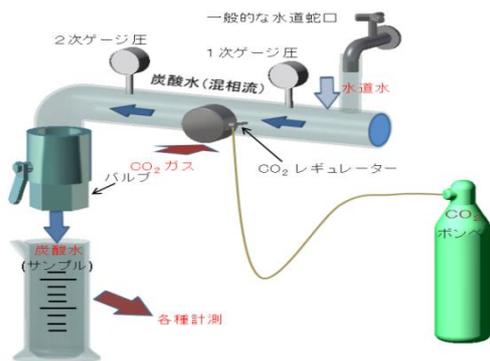


図1 実験装置

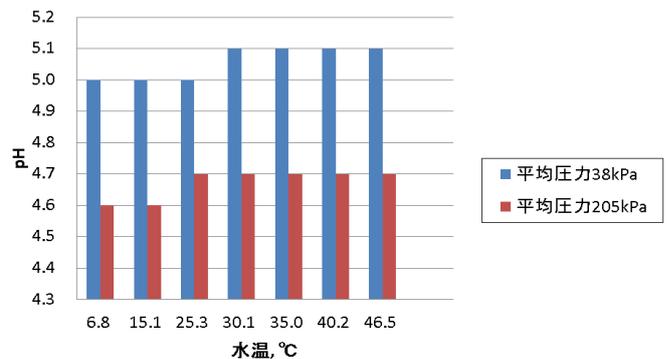


図2 実験データ

## 4. 結果と考察

図2に圧力を2段階で変えて排水された炭酸水のpHと水温の関係を示す。炭酸水の化学反応は2段階で成立する。1段階目は重炭酸イオンと水素イオンが生じて弱酸性を示す。2段階目は炭酸イオンと水素イオンを生じて弱酸性を示す。2段階目の電離係数は微小であり、1段階目に生ずる酸で炭酸水のpHがほぼ決定される。この時の酸濃度pHを計測することで、水中の炭酸がどの程度混合されているかを知る上での一つの指標が得られる。実験では平均圧力が高く、水温が低いほどpHは低くなる傾向を示し、前述のメカニズムにより炭酸の溶解度が増加していることが分かる。ヘンリーの法則とは、液体への気体の溶解度が温度と圧力の依存性により決定され、圧力が高く、水温が低いほど炭酸の溶解度が増加する法則であるが<sup>(4)</sup>、本実験により人工炭酸泉装置がヘンリーの法則の傾向に従うことが明らかとなった。更に水温変化によるpH変化は少なく、圧力依存性が大きいことも明らかとなった。今後も温度と圧力の計測レンジを拡大してより実用的なデータ取得を行う。

## 5. 参考文献

- (1) 足背部皮膚血流量計測による人工炭酸泉足浴時の至適炭酸濃度および湯温の検討, 炭酸泉誌, 下沖晋 著
- (2) 小動脈閉塞性疾患のCO2 温泉療養: 生理と臨床, 人工炭酸泉1, B. Hartmann, M. Pittler, B. Drews 著
- (3) 炭酸泉浴の心臓・循環器系機能に対する効果: 麻酔ラットを用いた人工単純炭酸泉浸漬時の徐脈と関連する自律神経機構の解析, 橋本眞明 著
- (4) 化学工学便覧 改定6版, 丸善(株), (社)化学工学会編

## 環境共生エネルギー産業化事業

### - 未利用エネルギー利用技術の開発 -

機能性材料グループ 伊勢 和幸、杉山 重彰、関根 崇  
技術コーディネート班 菅原 靖  
秋田大学 昌子 智由、布田 潔

## Industrialization of Environmental Symbiosis Energy - Development of Utilization Technology for Unused Energy Resources -

Kazuyuki ISE, Shigeaki SUGIYAMA, Takashi SEKINE  
Yasushi SUGAWARA  
Tomoyoshi SYOJI, Kiyoshi FUDA

### 抄録

廃熱利用技術として、熱電変換技術の検討を行っている。高温廃熱の利用に適した熱電変換材料として、二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) に二硼化チタン ( $\text{TiB}_2$ ) を加えた焼結体の酸化物系熱電変換材料を検討した。電気伝導率が向上し、これにより高い出力因子が得ることができた。また、低温側と高温側で優れた特性を示すモジュールを2段重ねたカスケード型のモジュールの検討を行い、幅広い温度範囲での熱電応用の可能性が得られた。

[キーワード：熱電変換技術、酸化物熱電材料、出力因子、カスケード型]

### Abstract

For the purpose of utilization of waste heat energy, we have studied thermoelectric conversion technology. As thermoelectric materials suitable for high temperatures, sintered compacts of titanium dioxide ( $\text{TiO}_2$ ) added with titanium diboride ( $\text{TiB}_2$ ) were examined. They showed high electrical conductivities, resulting in high power factors. A cascade-type thermoelectric module which was stacked by two different types of modules was studied. It exhibited excellent properties at a wide temperature range.

[ Key words: Thermoelectric conversion technology, Oxide thermoelectric material , Power factor, Cascade type ]

### 1. はじめに

工場や焼却炉、自動車のエンジンやマフラー、さらには半導体・電子部品など身近な多くのものから熱が発生している。しかしながら、それらの熱の大半は捨てられており、全熱エネルギーの2/3にも達している。そのため、その数%を活用できるだけでも、大きな経済効果が期待される。比較的低温から利用でき、かつ、小規模の熱源にも利用しやすい技術として、熱を直接的に電気に変換できる熱電変換技術が注目されている。現在、熱電変換にはビスマス・テルル ( $\text{BiTe}$ ) などの希少元素が多く用いられており、普及には課題が多い。そのため、環境負荷が少なく、利用しやすい新しい熱電材料や技術の開発が望まれている。

本事業では、安全・無害で資源的にも豊富であり、大気中でも熱安定性に優れた酸化物系の材料に特に着目して熱電変換技術の開発を行っている。本年度は、電気抵抗率が低く、高い出力因子が期待される  $\text{TiO}_2$ - $\text{TiB}_2$  熱電材料の開発、並びに、高温から低温まで幅広い温度の廃熱を一つのモジュールで有効利用できるカスケード型の熱電変換発電モジュールの検討を行った。

## 2. TiO<sub>2</sub>-TiB<sub>2</sub>焼結体熱電材料の開発

酸化物熱電材料は大気中でも高い安定性を示し、自動車のエンジンやマフラーでの廃熱利用への応用が期待されている。しかしながら、同材料系は一般的に電気伝導率が低いため、熱電特性が他の材料系に比べて低いという課題がある。そこで、ルチル型の二酸化チタン TiO<sub>2</sub> を還元することで得られる Ti<sub>n</sub>O<sub>2n-1</sub> マグネリ相の生成による優れた酸化物熱電材料の開発を進めている。今年度は、TiO<sub>2</sub> の還元剤として、電気伝導率の高い TiB<sub>2</sub> を用い、この 2 つの粉末を混合し、通電加圧焼結装置 (SPS) を用いて、熱電材料の作製を行った。

作製した熱電材料は、TiB<sub>2</sub> が 3~4 mol% の組成において大きな電気伝導率を示し、また X 線回折より高い熱電特性を示すマグネリ相の生成も確認された。昨年度検討した TiO<sub>2</sub>-VC 焼結体では、Ti<sub>5</sub>O<sub>9</sub> のマグネリ相の生成が確認されたが、今年度検討の TiO<sub>2</sub>-TiB<sub>2</sub> 焼結体では、より高い熱電特性を示す Ti<sub>7</sub>O<sub>13</sub> のマグネリ相の生成が確認された。

図 1 に、熱電特性を示す出力因子の TiB<sub>2</sub> 含有量と温度依存性を示す。その結果、従来よりも高い  $5.9 \times 10^{-4} \text{ W/m} \cdot \text{K}^2$  という値を得ることが出来た。本材料を用いることで、従来よりも高性能な酸化物熱電材料を用いた熱電変換モジュールの実現が期待される。

## 3. カスケード型熱電変換モジュールの検討

酸化物熱電材料は高温領域でその性能を最大限に発揮するため、低温領域では他の材料系を用いることが望ましい。そこで、低温側には室温付近で高い性能を示す BiTe 系熱電材料が用いられている市販のモジュールを、高温側にはセンターで開発した酸化物熱電材料のモジュールを 2 段重ねで用いるカスケード型の熱電変換モジュールの検討を行った。

図 2 に、冷却源には循環式水冷機構を用い、高温側熱源温度を 350°C とした際の、カスケード型モジュールの出力曲線を示す。本モジュールの開放端電圧と最大発電量はそれぞれ約 1.6 V および 200 mW であった。この発電量は、1 m<sup>2</sup> 当りに換算すると 80~100 W に相当する。熱電材料やモジュール構造の改善等により、更なる性能向上が期待される。

## 4. まとめ

酸化物熱電変換材料の高性能化、及び同材料を用いた熱電変換モジュールのカスケード構造化の検討を行い、センターの熱電変換技術の応用化の可能性を示した。今後、これらの熱電変換技術の製品応用化を図っていく予定である。

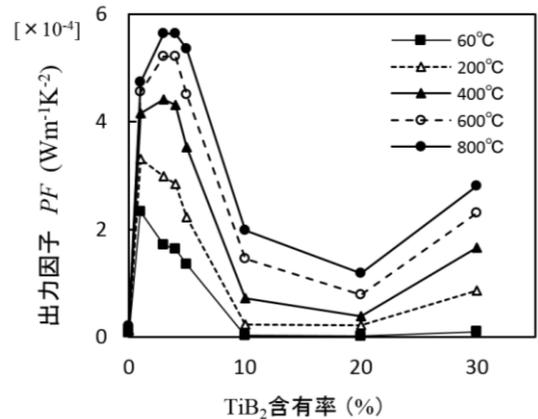


図 1 TiO<sub>2</sub>-TiB<sub>2</sub> の出力因子の TiB<sub>2</sub> 含有量及び温度依存性

高温側モジュール (酸化物系材料)      低温側モジュール (BiTe系材料)

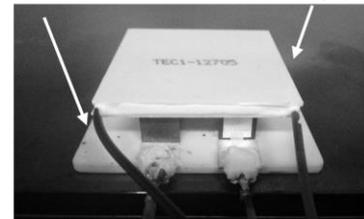


図 2 カスケード型モジュール

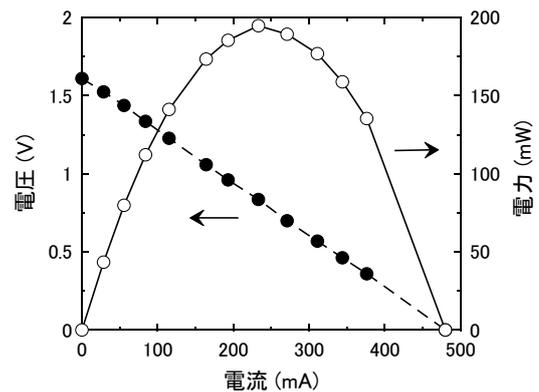


図 3 カスケード型モジュールの出力曲線

# 環境共生エネルギー産業化事業

## - 事業所の排熱に関する調査 -

技術コーディネーター班 松倉 和浩  
環境・エネルギーグループ 経徳 敏明

### **Industrialization of Environmental Symbiosis Energy - Survey of Waste Heat of Factory -**

Technology Coordinate Group Kazuhiro MATSUKURA  
Environment and Energy Technology Development Group Toshiaki KEITOKU

#### 抄録

国内におけるエネルギー全体の消費量において熱利用の比率が高いことから、省エネルギー化を目指すため高効率な熱利用が必要といえる。そこで、秋田県内の事業所における排熱及びその利用動向と、国内の排熱利用に関する事例を調査した。

[キーワード：エネルギー、排熱、熱利用、事例]

#### Abstract

Since the ratio of heat utilization is high in consumption of total energy in Japan, in order to aim to save energy, it can be said that requires a high-efficiency heat utilization. Therefore, we investigated and the exhaust heat and the usage trends in the office of the Akita prefecture, and the case for waste heat utilization in Japan.

[ Key words: energy, waste heat, heat utilization, case ]

#### 1. はじめに

エネルギー消費における熱利用の比率が高く、エネルギー消費量は年々増加傾向にあることから、高効率な熱利用が省エネルギー化を進める上で重要である。その際、利用現場の実情を考慮した熱エネルギー関連機器の開発が必要となる。そこで、新エネルギー機器開発の方向性模索のため、県内事業所における排熱及びその利用動向等を調査した。

#### 2. 調査結果

##### 2-1. 訪問調査

電気、機械、金属、木材、食品及び環境分野等における県内企業の15の事業所について、事業所の現地調査及びヒアリングを行った。ヒアリングの内容は、生産工程（全般）、エネルギー源の種類と使用量、排熱に関する調査対象となる工程、排熱の温度と量、排熱利用の有無及びその利用内容等である。

調査の結果、利用事例として、（1）ボイラー蒸気排熱の回収後に給水用水の余熱、（2）熱処理炉からの温水による用水路や屋根の融雪、（3）熱処理炉の排熱を回収した後に金属溶解前の材料予熱、（4）溶融炉の熱から水蒸気を生成し、金属溶解とタービン発電に活用、（5）タービン発電後の蒸気を給湯・暖房・資材乾燥・熱圧着等に活用していることがあげられる。

一方、各事業所が持つ排熱に対する意識は次のとおりである。第一に、省エネルギーの観点から利用したいが現

在のところで実施していない理由として、（１）設備の更新を伴うため資金調達が課題、（２）生産システムの改編が必要な場合ハードルが高い、（３）機器からの直接的な熱の大気放出については回収方法が課題、（４）費用対効果で採算が見込めるか等があげられる。

第二に、現在、排熱を利用しているまたは以前利用していた理由として、（１）別工程での排熱を生成熱と捉え有効活用すなわち当初から生産工程での排熱利用を想定したシステム設計にしたこと、（２）温排水による融雪を事業所内または地域住民の要望により利用していること等があげられる。

熱回収の方法として、後付け可能な機器であるエコマイザがある。これは、写真１に示すとおりボイラーの燃焼排ガスを効率よく回収し、ボイラーへの給水を予熱し、ボイラー効率を向上させるものである。訪問先の事業者では、比較的低温で熱利用する蒸気ボイラーに取付け、熱回収している。

本調査結果から、以下の課題が明らかとなった。現状設備での排熱利用の課題としては、（１）運用中の生産ライン等へ手を加えることに対し現場側が難色を示す、（２）費用対効果がどれ程望めるか、（３）機器からの直接的な排熱（大気放熱）を多く見込めるものの回収方法の難易度は高いこと等である。また、排ガスからの熱回収時のバランス取りが重要である。これは、排ガス成分に変質が発生しない程度の熱回収に止めなければならず、その結果、多くの熱回収を望めない。

さらに、融雪や暖房利用時の留意点として、水質の確認とスケール対策が必要であり、メンテナンスが容易な機器の構造または薬品対応が重要となる。

以上のことから、排熱を有効に利用する際、生産ラインや事業所の新規立ち上げ時の設計を適切に行うことが、費用対効果を大きくするといえる。あるいは次善の対策として、生産ライン等の再構築時のタイミングで、排熱利用可能なシステム作りも比較的期待できるといえる。



写真1 エコマイザ（赤枠内のユニット）

出展 <http://www.takao.boiler.co.jp/eco>

## 2-2. 動向調査

北海道経済産業局は、排熱を効果的に活用している事例を紹介している[1]。例えば、登別温泉の宿泊施設をフィールドに、温泉施設に多く存在する未利用熱エネルギーを回収し、有効に活用できる汎用性の高いヒートポンプユニットのシステムを開発し運用している。これによると、導入コストとエネルギー使用量削減効果について投資回収年数が4年であり、エネルギー削減量（原油換算）が1年当たり45キロリットルとなる。

あるいは、ペットボトル製造工場において、従来ペットボトル製品の殺菌工程から発生する冷却水を品質管理上、再利用できず全量を排水していたが、排水から排熱回収を行いボイラー給水の加温に活用するシステムを導入した。その結果、導入コストとエネルギー使用量削減効果について投資回収年数が6年であり、エネルギー削減量（原油換算）が1年当たり46.1キロリットルとなった。

## 3. まとめ

排熱の有効利用は益々重要となる。そのため、多くの事業所で導入可能な機器の開発が急務である。

### [参考文献]

[1]：熱利用DE “ヒートアップ” !!、経済産業省北海道経済産業局、平成25年2月。

# グリーン・エレクトロニクス産業創生事業

## - 高機能薄膜材料の創製と応用開発 -

スピン・ナノデバイスグループ 新宅 一彦

### Project of Creating Green Electronics Industries - Invention and Applied Development of High-functional Thin Film Materials -

Spin and Nano Device Group Kazuhiko SHINTAKU

#### 抄録

次世代高性能磁石の開発を目指して、エピタキシャル法による  $L2_0FeCo$  膜を作製し、大きな正方晶歪みを得るために第3元素を添加した。磁歪の効果による磁性体の磁化制御を目指して、誘電/磁性エピタキシャル薄膜の開発を行った。

[キーワード: 次世代高性能磁石、 $L2_0FeCo$ 、誘電/磁性エピタキシャル薄膜]

#### Abstract

$L2_0FeCo$  films were prepared for developing a next-generation high-performance magnet by using an epitaxial method. The third element layers were introduced in Fe/Co superlattices to obtain larger tetragonal distortion. Ferroelectric/magnetic epitaxial films for controlling magnetization by magnetostriction were developed.

[ Key words: high-performance magnet,  $L2_0FeCo$ , Ferroelectric/magnetic epitaxial films ]

#### 1. はじめに

高度技術研究館のクリーンルーム内にあるスパッタ装置により、垂直磁気記録媒体にはじまり、これまで種々の機能性薄膜を作製してきた。そのうち、最近の磁性薄膜材料の開発状況について報告する。スパッタ装置を利用した薄膜作製のその他の課題については、他者の報告を参照されたい。

#### 2. 高機能薄膜材料の創製と応用開発

##### 2. 1 次世代高性能磁石の開発

NdFeB 磁石の発表から 30 年が経過した。この間、NdFeB 磁石の特性を越える新磁石の探索や製造が試みられてきたが、これを越える新磁石の開発には至っておらず、次世代磁石の開発が強く望まれている。また、磁石性能に加えて資源的な観点からも既存磁石の飛躍的特性改善や新磁石の開発が必要とされている。4 年余りに渡り、JST 研究成果展開事業「産学共創基礎基盤研究プログラム」(研究グループ代表者: 秋田大 石尾教授) に参加し、次世代高性能磁石の開発を行ってきた。高結晶磁気異方性と高飽和磁化を有する  $L2_0FeCo$  系金属合金並びに  $L1_0FePt$ -bccFeCo 系金属合金に着目して、希土類元素フリーで高エネルギー積を有する革新的な永久磁石材料を、産学共創の場を活用して開発することが研究グループの課題であった。 $L2_0FeCo$  は NdFeB に比べて磁気異方性や飽和磁化が 50% 大きいと予測されている。当センターの担当課題はエピタキシャル法による  $L2_0FeCo$  膜の作製と永久磁石特性の評価である。超高真空スパッタ装置を用いて、IrMn/Pt 下地膜上に作製された各層が単原子層程度の Fe/Co 多層膜(交互積層膜)は、XRD 測定により、単結晶的なエピタキシャル FeCo 膜が得られる。正方晶歪みの大きさ  $c/a$  は、膜厚が薄くなると大きくなり、磁気異方性も増大した。この増大が正方晶歪によるものかあるいは界面効果からかを明らかにするために、

下地膜としてCrおよびRuを検討し、いずれもPtと同様に、良好な結晶性、配向性が得られた。Feとの格子ミスマッチと磁気異方性の関係から、磁気異方性の増大が界面効果でなく正方晶歪の効果であることを確認した。

FeCo単層膜の検討から、現状では、下地膜とのエピタキシャルでは正方晶歪の導入には限界があり、FeCoの2元系で目標とする大きな正方晶歪を与えることは非常に困難である。そこで第一原理計算から有効と予測される第3元素の添加を行うことで、高い磁気異方性の発現を目指した。また、膜厚の薄いFeCo膜に対して、XRDでの直接的な構造解析が可能となるようにRu下地膜を導入した。第一原理計算からは、C、B、N等が候補となるが、Nは作製が困難と予想されるので、C、Bを検討の中心とした。多層膜的な手法を活かす目的で、[Fe/X/Co/X]および[Fe/X/Co]多層(X=C, B)作製した。Cの場合、XRD測定から正方晶歪は非常に小さく、期待通りにCが分散した状態を実現できていないと思われる。Bの場合、Cと比べると添加によりFeCoのピーク強度が下がるため分散して添加されているように見えるが、大きな歪みの導入は見られていない(図1)。次に、XRD測定から歪みの大きさを直接測定することは困難となるが、磁

気的な変化を期待して、膜厚の薄いサンプル作製した。Bを5%~40%まで添加したが、Bによる明瞭な効果は見られていない。Cの添加についても、膜厚の薄いサンプルに関して確認したが、同様であった。ただし、いずれの場合も、膜厚による変化は非常に大きく、正方晶歪の導入が高い磁気異方性の発現の起源であることは間違いない。今回のJSTプロジェクトの研究グループの成果としてFeCoAl合金に関する特許を出願した。来年度以降、新たな研究グループを作り、厚膜化やバルク化など実用化を目指した検討を継続する予定である。

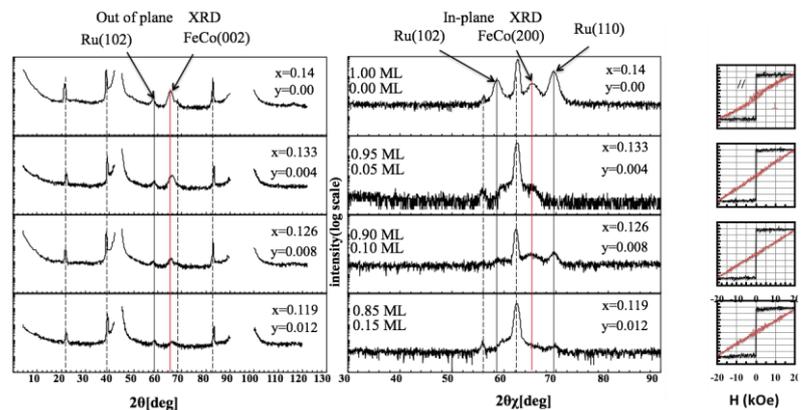


図1 [Fe/B/Co/B]多層膜のXRDパターン

## 2. 2 誘電/磁性エピタキシャル薄膜の開発

秋田高専との共同研究として、当センターの高真空スパッタ装置を用いて、新規な薄膜試料作製技術を構築することを目指している。当面の研究テーマは標題の通りで概要は以下である。誘電体と磁性体の界面で、誘電体に電圧を印加することで、誘電分極(あるいは圧電性)により伸縮し、磁歪の効果により磁性体の強磁性転移を誘起し、磁気的な交換力による磁化配列の伝搬を引き起こす(本原理は、秋田高専において、素子の構造制御と光学的な計測技術の確立によって実証され、特許取得中である)。別端の誘電体と磁性体の界面から、反対に電圧を取り出すこともできる。新たな情報伝達およびエネルギー伝送技術となる可能性がある。これを実現するためには、圧電性強誘電体と磁歪性強磁性体のヘテロ構造界面を有する積層膜を作製しなければならない。本年度は、ゾルゲル法により作製された誘電体膜上にCoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>膜をスパッタ成膜したサンプルについて、新たな条件による成膜と、秋田高専でモノクロを用いたXRD測定により、CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>(400)および(800)と思われる弱いピークが観測され、目標とする配向膜が得られている可能性がある。今後、基本動作の確認のためのサンプル作製に移行する予定である。

## 3. まとめ

次世代磁石の開発を目指して、エピタキシャル法によるL<sub>2</sub>FeCo膜の作製、第3元素添加を検討した。磁歪の効果による磁性体の磁化制御を目指して、誘電/磁性エピタキシャル薄膜の開発を行った。本年度の成果として、第3元素添加の効果の確認、誘電/磁性エピタキシャル薄膜の作製条件の確立が挙げられる。

# グリーン・エレクトロニクス産業創生事業

## - センサ及びエネルギーデバイスの開発 -

スピン・ナノデバイスグループ 黒澤 孝裕, 木谷 貴則

### Project of Creating Green Electronics Industries - Development of Sensor and Energy Device -

Spin and Nano Device Group  
Takahiro KUROSAWA and Takanori KIYA

#### 抄録

ワイヤレス給電では、出力インピーダンスを制御する手法を研究した。これを県内企業に技術移転し、抵抗の低い硬水から抵抗の高い軟水まで対応可能な携帯型水素水生成器用ワイヤレス給電モジュールの応用開発を行った。また、伝送効率の向上を図り、DC-DC 伝送効率 77%を実現した。誘電体散乱波の光変調を利用した高周波電界センサに関しては、市販電子機器について高周波電界のベクトル分布を計測し、ノイズ源探知および放射機構を解明した。これにより、ノイズ対策時の本計測法の有効性を示した。

[キーワード: ワイヤレス給電, インピーダンス制御, 高周波電界計測, 変調散乱, EMC]

#### Abstract

Output impedance control of wireless power transfer system is developed and constant current output properties could be obtained. This system is adopted by a regional company and development a water electrolysis system to make water with dissolved hydrogen. The DC-DC transfer efficiency of the system was increased to 77 %. The noise source of the electric device is measured by using the electric field measurement system. Measured electric field distributions show the noise source and the resonant structure of the LSI chip. These information can achieve the noise suppression from the electric devices.

[ Key words: wireless power transfer, output impedance control, electric field measurement, modulated scattering, EMC]

#### 1. はじめに

携帯電話や小型情報端末, その他携帯型の電子機器が普及している。これら小型電子機器には利便性等の観点から, ワイヤレス給電技術の搭載が進められている。小型機器にワイヤレス給電技術を採用する際には, ニーズに応じた電圧・電流設計や伝送距離, 高効率化等への対応が求められる。一方, ワイヤレス給電は高周波電磁界を使用してエネルギーを伝送しており, この電磁界生成に伴う不要電磁波ノイズや伝送電磁界自体により, 通信障害等の問題を引き起こす懸念がある。こういった, 機器の動作障害防止には, 機器周辺の電磁界分布を計測し, 障害源を特定できることが望ましい。今年度は, ニーズに応じたワイヤレス給電システムの技術開発, および, 任意の電子機器について電磁ノイズ源の特定や放射機構の解明に利用可能な, 電界分布計測システムの技術開発を行った。

#### 2. 1 ワイヤレス給電技術

給電コイルと受電コイル間の電磁誘導を利用して, 金属接点やコネクタを介さずに 2 次電池や対象機器に無線給電する技術開発を行っている。今年度は, コイル巻数比及び回路定数の最適化により, 従来方式に比べて, 図 1 に示すように低電圧駆動で負荷抵抗に対して電流値の変動が少ない定電流方式を開発した。本方

式を用いて、充電電池駆動で抵抗の低い硬水から抵抗の高い軟水まで対応可能な携帯型水素水生成器用ワイヤレス給電モジュールの応用開発を行った。

また、DC-DCの総合伝送効率の向上を図るため、高周波での抵抗が小さいリッツ線を用いて、給電/受電コイルの設計試作を行い、共振回路等の最適化により、図2に示すように広い帯域で77%を超える効率を実現した。

### 2.2 高周波電界センサの開発

電磁界分布を正確に計測する手法として、半導体散乱体からの散乱波強度を光変調して電界計測する、完全非金属製かつワイヤレスな電界センサを開発している。今年度は、先に開発した実証試験機を改良し、市販電子機器について電磁ノイズ源の探知とノイズ放射機構の解明を試みた。供試機器に市販ギガビットイーサネットハブを用い、回路基板上の電界ベクトルを計測した。

供試機器基板の放射ノイズスペクトルを図3に示す。1000BASE-Tイーサネットを使用する機器で典型的に見られる、125MHzの高調波が観測され、2-2.75GHzの周波数範囲で顕著に強い。この機構を解明するために回路基板上の高周波電界ベクトル分布を計測した。結果を図4-6に示す。いずれの周波数においても、LSIチップ(35mm角)上で強い分布が見られ、チップ外の回路基板部分やチップ上の円板部分では弱い。また、ベクトル分布から、LSIチップ上で共振が生じてパッチアンテナのような状態となり、強い放射源となっていることが示唆された。

本研究の一部は、科学研究費助成事業(15K06124)の助成を受けて実施した。また、研究成果を投稿した論文が、電子情報通信学会・通信ソサイエティより優秀論文に選定された。

### 3. まとめ

小型電子機器への搭載を指向したワイヤレス給電システムの開発、および低擾乱な電磁界計測技術として、誘電体散乱を利用した高周波電界計測システムの技術開発を行った。ワイヤレス給電システムは低電圧駆動・定電流方式の技術開発により、県内製品への搭載を行った。引き続き、用途に応じた技術開発を行い、更なる技術移転を目指す。電界センサに関しては、今後、測定の高速度化や測定周波数の広帯域化を進めるとともに測定・ノイズ対策事例を積み上げ、ノイズ対策に有効なツールとして利用したい。

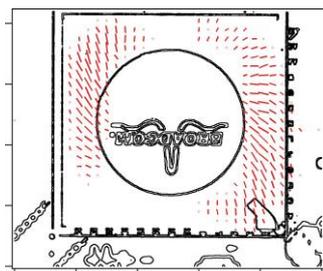


図4 2000MHzにおける電界ベクトル分布.

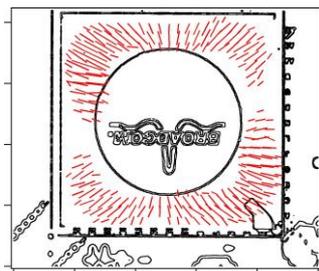


図5 2500MHzにおける電界ベクトル分布.

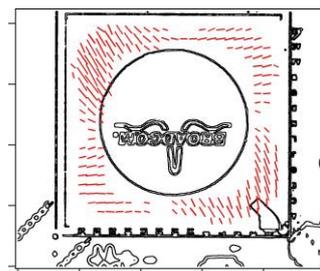


図6 2625MHzにおける電界ベクトル分布.

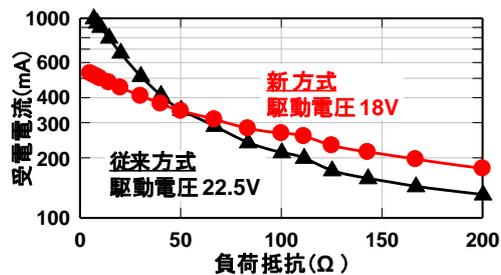


図1 受電電流の負荷抵抗依存性

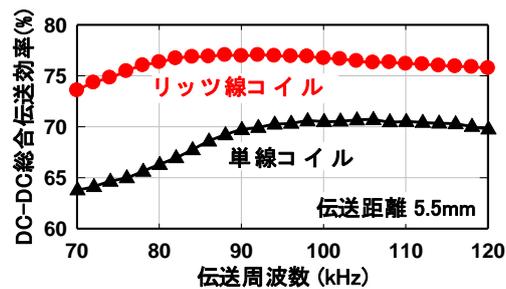


図2 DC-DC伝送効率の周波数依存性

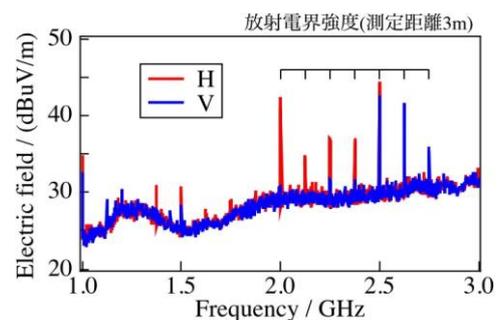


図3 供試機器の放射ノイズスペクトル

# グリーン・エレクトロニクス産業創生事業

## - 計測システムの開発 -

スピン・ナノデバイスグループ 近藤 祐治、山川 清志

### Project of Creating Green Electronics Industries - Development of Measurement System -

Spin and Nano Device Group  
Yuji KONDO and Kiyoshi YAMAKAWA

#### 抄録

微小な磁気デバイスの開発に有用な微小領域の磁気特性計測装置の集光光学素子として用いるための、高精度反射型対物鏡の開発を秋田県産学官連携促進事業の一環で行ってきた。屈折レンズ型と互換性を有する高分解能反射型対物鏡の実用化開発を目的として、事業最終年度の今年度は最終試作および磁気評価を行った。また、さらに反射型対物鏡の適用分野拡大を念頭に、従来構造の問題であるミラー汚染および回折を回避するための凸面ミラーの新規保持法の検討を行った。

[キーワード：顕微磁気光学効果, 反射型対物鏡, 磁気デバイス]

#### Abstract

A high-precision reflective objective has been developed in order to use as a focusing device in microscopic magneto-optical Kerr effect magnetometry. This development has been conducted by the collaboration between industry, academia and government. In this study, a final test production of the reflective objective and magnetic measurements were carried out. Furthermore, a new model was examined to avoid the contamination on mirrors and diffraction in a conventional model in order to expand application fields of the reflective objective

[ Key words: microscopic magneto-optical Kerr effect magnetometry, reflective objective, magnetic device ]

#### 1. はじめに

微小な磁気デバイスの開発に有用な磁気特性評価装置の集光光学素子として、反射型対物鏡であるシュワルツシルト型対物鏡を用いると、集光特性に優れ、かつ、強磁場中におけるファラデー回転問題を解決できることが期待される。H25年度から秋田県産学官連携促進事業の一環として、屈折レンズ型対物鏡とサイズ互換性を有する高分解能反射型対物鏡の開発を行ってきた。事業最終年度である今年度は、実用化レベルの最終試作を行ない、磁気評価による有用性を評価した。また、反射型対物鏡の適用分野を広げるためには、従来構造の問題であるミラー表面汚染と凸面ミラー保持部の梁構造による回折を回避することが求められる。そこで、この問題を解決するために凸面ミラーの新規保持法の検討を行なった。

#### 2. 反射型対物鏡の最終試作および磁気評価

東北大学および当センターで設計したシュワルツシルト光学系の光学設計に基づき、日東光器（株）で凸面および凹面ミラーの研削、研磨、反射膜のコートを行ない、目標波長である 350 nm で回折限界集光が可能な形状精度 (12.5 nm RMS 以下) に仕上げた。これらのミラーを、(有) ブイテックスで加工した精密調整機構を有する鏡

筒に組み込み、干渉計を用いて波面収差の状態を計測しながら各ミラーの位置調整を行なった。その結果、波面収差は 20 nm RMS で、目標値 25 nm RMS を上回る良好な結果を得ることができた。マレシャル条件を考慮すると、波長 280 nm まで回折限界集光が可能な試作対物鏡が完成した。次に、この対物鏡の磁気評価を行なった。図 1 の挿入図にシュワルツシルト対物鏡で撮像した測定試料と試料上に集光したレーザースポットを示す。試料であるハーフピッチ 10  $\mu\text{m}$  の CoPt 薄膜メッシュ構造とレーザースポットが高空間分解能で撮像できている様子が分かる。図 1 に磁気カー効果磁化曲線の測定結果を示す。典型的な CoPt 薄膜の磁化曲線が得られており、ファラデー回転の影響が全くないことが確認できた。

### 3. 凸面ミラーの新規保持法の検討

従来のシュワルツシルト対物鏡では、凸面ミラーの保持には梁構造を採用している(図 2(a), 以下では従来構造と呼ぶ)が、ミラー表面の汚染防止、梁構造による回折の影響などを考えると、梁構造は必ずしも最適な構造とは言えない。これを解決するためには、図 2(b)に示すように凸面ミラーの保持に単純な薄板ガラス(厚さ 0.3 mm)を用いることが考えられる。(以下では新規構造と呼ぶ)。しかし、新規構造の場合、薄板ガラスによる球面収差と色収差が生じるため、その程度と対策について検討を行なった。新規構造にすると、波面収差は球面収差の影響で従来構造よりも 34 nm 程度悪化した。しかし、球面収差補正をした結果、波面収差の劣化を 10 nm RMS 以下まで抑制することができた。次に、色収差評価はポリスチレン球(直径 500 nm)の暗視野像観察により行なった。白色光照明によるポリスチレン球の暗視野像を CCD のカラーフィルター画像毎に分解し、それぞれの色に対して点像の中心強度の結像位置依存性を測定した。その結果を図 3 に示す。青と赤に対するピーク位置の差は 1  $\mu\text{m}$  以下であった。この値は焦点深度(2.5  $\mu\text{m}$ )に比べて小さいため、色収差は問題にならないと考えられる。

### 4. まとめ

反射型であるシュワルツシルト型対物鏡の試作を行なった。高精度に仕上げた凸面・凹面ミラーを鏡筒に組み込み、干渉計で波面制御した結果、対物鏡の透過波面収差は 20 nm RMS を達成し、目標である波長 350 nm の回折限界集光に必要な波面収差 25 nm RMS をクリアすることができた。また、従来の凸面ミラー保持構造で問題になるミラー汚染や回折の問題を回避するために、単純な薄板ガラスによる新規保持法の検討を行ない、球面収差補正が可能なこと、色収差の影響も大きくないことを確認できた。

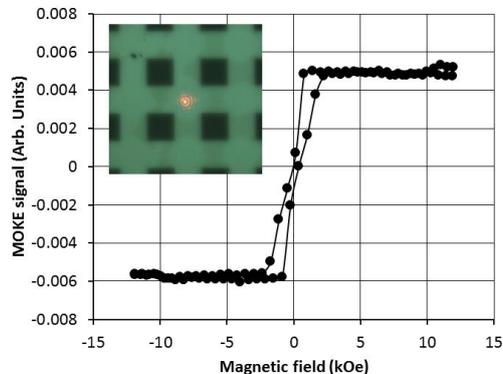


図 1 開発した反射型対物鏡を用いて測定した CoPt 薄膜メッシュの磁気カー効果磁化曲線。挿入図は反射型対物鏡で撮像した測定試料と集光レーザースポット

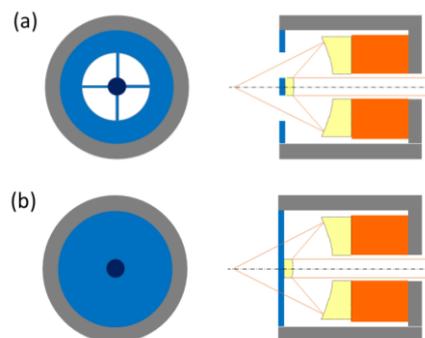


図 2 従来構造(a)と新規構造(b)の反射型対物鏡の概略図

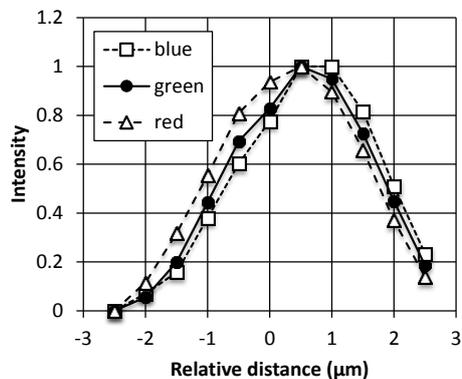


図 3 色収差の評価結果。

# グリーン・エレクトロニクス産業創成事業

## - 新エネルギー利用効率向上化技術 -

電子・通信グループ 近藤 康夫

### Project of Creating Green Electronics Industries - Technique to Improve Use Efficiency of the New Energy -

Electronics & Communication Group Yasuo KONDO

#### 抄録

近年、スマートハウスという言葉が注目されており、HEMSなどでエネルギーの見える化を実施し、LED照明などで消費する電力を抑制しているが、実はこのLED照明の青色光などで覚醒され、実際はあまり心地よくないとの結果も出ている。そこで我々は本当に心地よい空間を提供するために、光・音・香りを組み合わせて本当に心地よい空間を提供できるシステムを開発し、実際の高齢者介護施設に設置した。

[キーワード: スマートハウス、HEMS]

#### Abstract

In late years the word smart house attracts attention and carries out monitoring of the energy in HEMS. These control electricity to use with LED lights, but, in fact, it is awoken by the blue lights of this LED light, and, actually, the result that it is not comfortable too much appears. Therefore we developed the system which could provide in combination really comfortable space, and we installed light, a sound, a fragrance in the real elderly person nursing facility to provide the really comfortable space.

[Key words: smart house , HEMS]

#### 1. はじめに

最近話題のスマートハウスは、エネルギーの利用効率ばかりが注目され、実は快適性を犠牲にしている場合も少なくない。それは例えば節電効率が高いとされるLED照明であるが、見えない青色光によって人間が覚醒され、睡眠導入の障害になっているという話も良く聞く。ストレスの多い現代人において、リラックスできる場所を提供することが、求められているスマートハウスの1つの要件であると考え。そこで我々は特に光に注目し、それに音と香りを組み合わせる事で、リラックス出来るスマートハウスとしてプレハブを建設して快適性の実験を実施し、実際の高齢者介護施設にこのシステムを設置する事になった。

#### 2. 有機ELパネルを用いたスマート照明器具“Shoji”の開発

今回、LED照明に含まれる青色光成分による覚醒を防ぐ為に、照明の光源には調光・調色出来る有機ELパネルを採用した。パネルは和風の障子をイメージし、実際の建具の障子の様な形状とし、“Shoji”と名付けて登録商標も取得した。有機ELパネルが8枚の試作機と24枚の実際の照明器具の2種類を製作した。写真1はパネル8枚の試作機を点灯している様子で、写真2は裏面の様子である。色は人間のサーカディアンリズムに合わせて変わり、窓の無い壁面に外の自然光が差し込むイメージで、スマートホンなどから自在に制御できるシステムになっている。快適度の確認には脳波を測定し、 $\alpha$ 波(リラックス)と $\beta$ 波(緊張)の増減により評価を実施した。

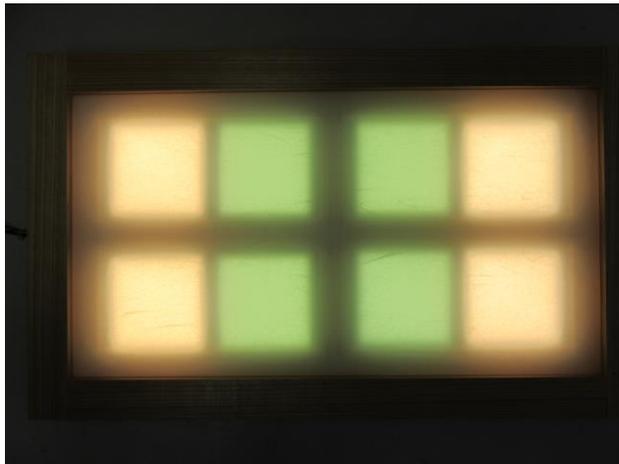


写真1 スマート照明器具点灯状態

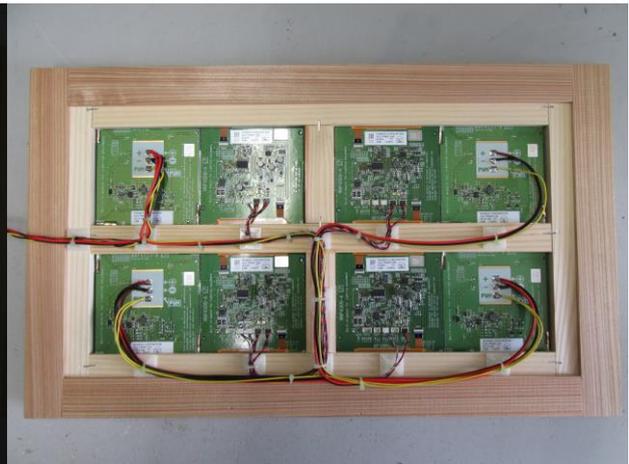


写真2 照明器具の裏面の様子

### 3. 光・音・香りの組み合わせ

前述の照明器具に加えて、3次元ハイレゾ環境音源を提供できるKooNeと森のくつろぎの香りを演出するair aromaを組み合わせるシステムとした。写真3～4はライティングフェアにこのシステムを出展した時の展示ブースの様子である。



写真3 光・音・香を体験できるブース内部



写真4 展示ブース全体の様子

この快適空間提供のシステムは、由利本荘市の高齢者介護施設に実際に設置して運用して、お年寄りのくつろぎ空間として好評を得ている。今後、快適度の客観的評価と低価格化が課題である。

### 4. まとめ

快適空間提供のために、最初に有機ELパネルを光源とするインテリジェント照明器具“Shoji”を開発した。これをプレハブのハウスに設置し、脳波により快適度を評価し、人間のサーカディアンリズムを用いて調色・調光を実施した。次にハイレゾの環境音源とアロマの香りを追加制御し、快適空間を提供できるシステムを構築した。このシステムをライティングフェアに出展し、多くの来場者に体験して頂き、マスコミにも多数取り上げられた。現在はこのシステムを実際の高齢者介護施設に設置し、お年寄りのくつろぎ空間として活用しており、好評を得ている。今後は個人宅にでも設置できる程度まで価格を下げて、製品化したい。また様々なシーンを想定した環境ソフトウェアも追加提供し、スマートハウスとしての付加価値を高めたい。

# グリーン・エレクトロニクス産業創生事業

## - エネルギーマネジメント・パワーデバイス -

電子・通信グループ 佐々木大三

### Project of Creating Green Electronics Industries - Energy Management and Power Device -

Electronics & Communication Group Daizo SASAKI

#### 抄録

電照ギク栽培における電力消費量削減を目指した専用照明を開発している。本報告では、自然エネルギーと親和性のよいハイパワー型直流型照明の開発手法と、その照明を用いた実験結果を述べている。開発手法として、光強度の近似式を用いたものを挙げている。また、実験で開花抑制に効果がみとめられる結果が得られた。

[キーワード：省エネ、電照ギク、LED]

#### Abstract

We are trying development of bulb lamp for plantation of chrysanthemum to reduce energy consumption. In this report, the developing method of high power Direct Current type lamps that are suitable renewable energy and the experimental result using them are shown. The method is using approximate expression of specified light intensity. The result shows suitable effect for inhibition of Flower Bud initiation.

[ Key words: energy saving, chrysanthemum growing by lighting , LED ]

#### 1. はじめに

現在、電力利用効率の向上を目指した、キクの電照栽培向け照明開発を行っている。これまでの実験から、開花調整のための花芽分化抑制に効果のある波長は630nm付近であることが分かっている。また、秋ギクにおいて必要な光の強さはPPFD(光合成有効光量子束密度)で $0.4\mu\text{mol}/\text{s}/\text{m}^2$ 程度であることも分かっている。よって、この照明の開発においては、上記要件を満たす設計手法が求められる。

一方、キクの電照栽培を実施する場合、圃場で電力が必要となるため、秋田県農業試験場では太陽光パネルを活用した栽培技術の確立として、太陽光発電と蓄電池による電力システムを検討しており、このシステム向けの高効率な照明として、太陽光発電と直流システムは親和性が良いLED型照明を開発している。本報告では、LEDを用いたハイパワー型の直流型キク電照用照明を開発し、その仕様と特性、および効果について述べる。

#### 2. 仕様の策定

今回の照明開発における要求事項は、秋ギクに対して花芽分化抑制に効果があることが前提とし、また、直流型1個、給電側は12V鉛蓄電池1個もしくは直列2個に対応することである。この要求を、光学部分と電源部分に分けて要求仕様化した。

##### ■光学部要求仕様

- ・ピーク波長：630nm
- ・高さ範囲：高さ1.8m、水平方向片側1.5m(実験圃場)
- ・PPFD： $0.4\mu\text{mol}/\text{s}/\text{m}^2$ 以上

##### ■電源部要求仕様

- ・電圧範囲：9V～27V
- ・電流範囲：1A以下  
(約50mで約1V低下を想定)

電圧範囲は、鉛蓄電池の変動幅を 10V～13.5V 程度、直列時は 20～27V 程度、電圧降下分 1V を想定した。

### 3. 設計

光学部要求仕様から、配光角が約 80 度(片側約 40 度)、必要な面積当たりの光強度が 75.87mW/m<sup>2</sup>となる。光源に求められる必要最低限の光強度 I<sub>L</sub>は次のように近似式から算出した。

$$I_L = 75.87 \times 2\pi (1.8^2 + 1.5^2 - 1.8(\sqrt{1.8^2 + 1.5^2}) / \gamma = 75.87 \times 7.9951 / \gamma = 606.6 / \gamma \text{ [mW]}$$

ただし、 $\gamma$  は光源の配光特性による配光領域末端部分の光強度比である。たとえば、 $\gamma = 0.5$  の場合、光源としては 1.2[W]程度の光強度が必要となり、1 個 40[mW]の全放射束の光源の場合は、30 個程度必要となる。

LED は、電力効率が良く、配光が広いものとして、昭和電工(株)製チップを用いた(株)トリコン製ドーム型 LED を選定した。スペックは、ピーク波長 630[nm]、配光角 90 度(カタログ値)、V<sub>f</sub>=2.0[V]、全放射束 38.125mW (@I<sub>f</sub>=50mA,実測)である。また、赤外光混合版のために、ピーク波長 730[nm]、配光角 90 度(カタログ値)、V<sub>f</sub>=1.8[V]、全放射束 7.8mW(@I<sub>f</sub>=20mA,実測)も用いた。

LED 回路は、赤色 16 個直列を 2 並列とした。赤外は 24 個直列を 4 並列とした。赤外については、予算の都合上 96 個上限のため、I<sub>f</sub>=35mA で駆動した。電源部は、入力電圧が広範囲であるため、LINER Technology 社の LED ドライバ LT3599 ベースの構成とした。LT3599 は昇圧しつつ定電流駆動するため、多数の LED を直列接続で構成する場合に都合が良い。

### 4. 照明の特性

表 1 照明の特性

No	赤外光	消費電力	全放射束	変換率
1	あり	11.4[W]	2.7[W]	0.23
2	なし	3.9[W]	1.2[W]	0.30

製作した照明の特性について表 1 に示す。

束強度は、積分球型全光束測定装置

(CSTM-LMS-760-TOCS)で測定した値である。

変換率は、放射束強度を消費電力で割った値である。No1 における赤外光のみの全放射束は 1.5[W]であり、赤色光の全放射束とほぼ同等である。

### 5. 実験結果

表 2 実験結果

	定植後 出蕾日数	消灯時 草丈
No1	68	61.8[cm]
No2	69	56.8[cm]
白色電球	68	57.7[cm]
電照なし	27	--

実験は、県農業試験場の圃場にて行われた。結果を表 2 に示す。

それぞれの照明を中心にして、3m×1m の区画にキクを 7.5cm 間隔で定植し、50 日間、夜間 22 時から翌 2 時まで点灯したところ、それぞれ定植後 2.3 ヶ月に出蕾した。無電照区が定植後 0.9 ヶ月で出蕾しており、電照で花芽分化の抑制がなされたことが明らかになった。また、赤色と赤外光の混合光照明と単色光照明においては、草丈の大きな差は無かった。

### 6. まとめ

今回は、自然エネルギー利用を目指した直流型キク電照用照明を開発し、電照栽培を行ったところ、目的通り花芽分化が抑制できた。また、直流駆動かつ低消費電力な照明設計手法も確立できた。なお、赤外光の混合光における草丈の差異はみられなかった。

[実験結果引用元] 横井直人, 山形敦子, 間藤正美, “キク電照栽培に用いる太陽光発電装置の効率的利用方法 1-(2),” 単年度試験研究成績, 秋田県農業試験場, 2016 年 1 月。

# グリーン・エレクトロニクス産業創生事業

## - 無線通信制御技術 -

電子・通信グループ 佐々木 信也

### **Project of Creating Green Electronics Industries - Research on Wireless Communications Control Technology-**

Electronics & Communication Group Shinya SASAKI

#### 抄録

IoT(Internet of Things)による様々な計測ビッグデータをクラウドに集約し、解析を加えて、省エネや安心・安全、更にはマーケティングの手段としても活用しようとする動きが活発化してきている。これらの要求に応えるため、数年来のセンシング技術と通信技術の蓄積を基盤として、昨年は IoT 通信プロトコルとして普及しつつある MQTT や IEEE1888、EnOcean などの多様な通信プロトコルを相互変換する無線 IoT ゲートウェイを開発して、システムの可用性を向上させてきた。

今年度は、クラウドシステムの拡充を中心とした開発を行い、IoT データ集積と検索、解析、そして可視化までのデータフローとシステムを容易に構築出来るシステムを、OpenStack, Hadoop や Node-Red, Elasticsearch, Kibana 等のオープンソースソフトウェアを効果的に用いて実現し、エンドユーザー指向の IoT フレームワークを実現させた。

[キーワード : IoT, クラウドコンピューティング, OpenStack, Hadoop, Node-Red, Elasticsearch, Kibana]

#### Abstract

Various measurement data are aggregated into the Internet Cloud by IoT(Internet of Things). We've analyzed these collected Big Data and has been utilized as Energy saving, Safety and Marketing Solution.

We researched Next Generation Wireless M2M Technology for these measurements and developed IoT Gateway Systems to exchange wide variety of communication protocols, such as MQTT, IEEE1888, and EnOcean,

This year, we have developed in order to extend the Internet Cloud systems. By using this system, we can easily build functions of collect, integrate, search, analysis and visualization of IoT Big Data. We have effectively integrated the open source software such as OpenStack, Hadoop, Node-Red, Elasticsearch and Kibana. In this way, we were able to achieve these great features, finally to realize the End-User-Oriented IoT framework.

[Key words: IoT, Cloud Computing, OpenStack, Hadoop, Node-Red, Elasticsearch, Kibana]

#### 1. はじめに

グリーン・エレクトロニクス産業創生事業として、数年来の研究開発により蓄積してきたセンサ応用技術や情報通信技術を用いて IoT の応用開発を行ってきた。昨年度は、IoT システムの相互接続性と可用性向上を目的とした新しいゲートウェイシステムの開発を行ったが、今年度はデータ集積・検索・解析、そして可視化を容易に実現出来るエンドユーザー指向の IoT フレームワークと位置付けられるクラウドシステムの開発を行った。

#### 2. 次世代通信技術に関する研究

##### 2.1 クラウドシステムの拡充

数年来、我が産技センターではオンプレミス環境で独自のクラウドコンピューティング基盤の開発と運用を続けてきている。この基盤上でリアルタイム性のある多種多様な IoT データが複数のプロトコルを経由してクラウドに集積される環境を整えてきたが、決してエンドユーザーには使い勝手の良いものでは無かった。企業が商用パブリッククラウドを用いて類似のサービスを構築する場合には、後述する OpenStack などをベースとしたクラウド管理システムが用いられるのが一般的である。そこで我々は、既存クラウド環境を包含しながら、コンピューティングリソースをおおよそ 2 倍とした新たな基盤環境構築を行うと共に、商用サービスと等価なインスタンスオーケストレーションやストレージ・ネットワークのプロビジョニングなどの一元管理管理運用基盤を、OpenStack を用いて新たに構築した。また、大規模データ蓄積と分析をクラウド上の分散処理環境で実現するミドルウェアとして Hadoop 環境と構築に必要なテンプレートを準備した。

## 2.2 IoT データ蓄積・解析・検索・可視化基盤の構築

前項で構築したクラウドコンピューティング基盤上に、IoT データ蓄積・解析・検索・可視化基盤を新たに構築した(図1)。IoT デバイスとのデータ収集部は、ハードウェアデバイスや API、オンラインサービスを WebAPI を組み合わせてビジュアルにプログラムが作成できるツール Node-RED を採用した。本ツールを開発した IBM のクラウドサービス” Bluemix” 上の IoT ファウンデーション以上に機能拡充を図っている。Node-RED のバックエンドデータベースには、NoSQL として評価が高いドキュメント指向データベース MongoDB をレプリカセットとして構成し、コーディング無しのビジュアルプログラミングのみで多彩な IoT データ収集が実現可能となった。

MongoDB に蓄積された IoT データは、Mongo クエリ言語によって SQL よりも容易に JSON 形式でのデータ検索と抽出が可能であるが、日付データ表現の違いや言語サポート不足(特に日本語未サポート)により、他の検索エンジンを併用するしかないという結論に至った。そこで、リアルタイム全文検索エンジンで定評のある ElasticSearch をフロントエンドとして動作させることにした。MongoDB と ElasticSearch 間の連携には、一般的に River-MongoDB プラグインを用いるのだが、新しい 2.x 版の ElasticSearch に対応することなく本プラグインはメンテナンスが終息していたため、新たな連携ミドルウェアを検討することになった。MongoDB クラスタに外部とのパイプラインを付加する Python で記述された mongo-connector を使い、oplog によるオペレーション同期を行うことで、双方のリアルタイムデータ同期を実現させることができた。これにより、解析・検索については、ElasticSearch の機能を全て掌握できるようになった。現在我々は 100 個ほどの IoT デバイスのデータをリアルタイムに収集し、10GB/月ほどのデータ収集を行っている。本システムでは半年ほどのデータから任意のデバイス毎のあらゆる期間抽出を行っても、ほぼ 100msec 以内で回答が得られることを確認している。

可視化には、ElasticSearch と併用して用いられることが多い Kibana を採用した。これにより、WebAPI/UI からデータ抽出と様々な可視化を実行したり、ビジュアル的に優れたダッシュボードを構築することが出来るため、コーディングが不得手なエンドユーザーにも使いこなす事が可能だろうと考えられる。本システムによる IoT データ(センサーデータ)の可視化例を図1に示した。また、前述の Node-RED 環境で、WebSocket による API を簡単に定義する事ができるため、若干のコーディングが可能であれば更に多彩な可視化を実現させる事が可能である(図2)。

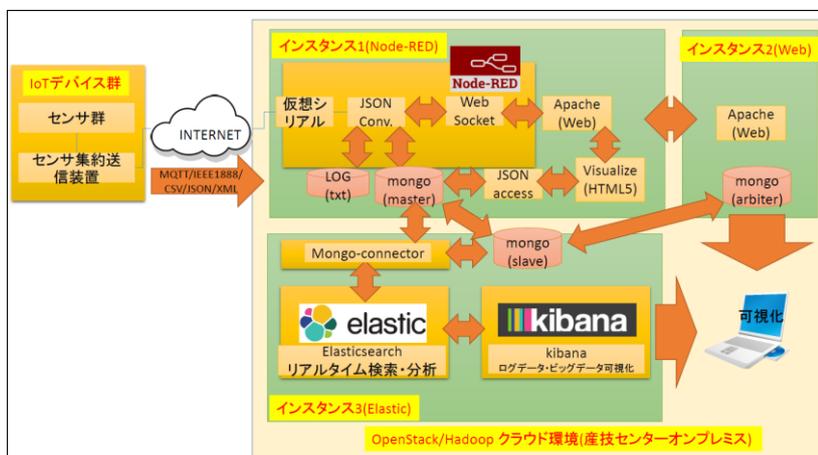


図1 開発したクラウド型 IoT フレームワーク



図2 リアルタイム IoT データ可視化例

## 3. まとめ

本来 ElasticSearch や Kibana は、主として大量のサーバーログデータやドキュメントの処理と可視化に用いられるツールであるが、IoT データにも充分応用が効く応用性の高さを確認することが出来た。

今回構築したシステムは、ソフトウェアエンジニア以外にも使いこなす事ができる IoT フレームワークとして展開することが可能である。既に本年度共同研究企業に技術移転をスタートさせており、実用的な運用フェーズに入っている。また、この実用化に必要な信頼性向上の際は、OpenStack の恩恵により、様々なアーキテクチャのトライアルを迅速に行うことが可能であった。

来年度は、LOD などのオープンデータを本システムに取り込み、IoT データとの相互解析などの可能性について検討を進めていくと同時に、TensorFlow などのディープラーニングフレームワークを新たに実装することで、IoT データによる機械学習機能の研究を行っていく予定である。

# グリーン・エレクトロニクス産業創生事業

## - 磁気センシング技術 -

電子・通信グループ 丹 健二

### Project of Creating Green Electronics Industries

#### - Magnetic sensing technology -

Electronics & Communication Group Kenji TAN

#### 抄録

手術に用いる縫合針には様々な種類があり、脳外科手術では極めて微小な針が用いられる。これらは非常に微小であるため、紛失時に探し出す作業は、医療従事者にとり多大な負担となる。このため、微小手術針を検知する機器に対する期待は高い。金属探知には多くの手法が存在するが、感度と簡便性の点で磁気を用いた手法が広く採用されている。本研究では、微小手術針が検知可能な磁気プローブの実現を目指し、最適なセンシング方式についての検討、評価を行った。

[キーワード：手術針、磁気プローブ]

#### Abstract

There are many different types of surgical suture needles. Some of them, especially brain surgical needles are very fine. Because these are very small, it needs serious work to find lost needles during surgery. For this reason, the expectations of instruments to detect the small surgical needles are high. In order to detect metallic fragments, magnetic technique is widely used for reasons of sensitivity and simplicity. This work was made to put magnetic probes for the detection of small surgical needles to practical use.

[ Key words: surgical needle, magnetic probe]

#### 1. はじめに

手術の際用いられる針には、様々なサイズがあり、特に脳外科手術の際用いられる縫合針は極めて小さい。手術に用いる針は全て回収するため、紛失時には探し出す必要がある。サイズが小さい紛失針を探し出す作業は、医療従事者に多大な労力を要する場合がある。この負担を軽減することを目的に、床面上に存在する針探知を目的とした製品等が市販されている。一方、針の紛失先は体内、体表、布上、衣服等、多岐にわたるため、それらを対象とし、かつ微小針を検知するためには、複雑な形状の表面の検知が可能な高感度プローブ必要となる。

金属探知は、歴史が長く、かつ非常に広い分野で利用されており、その手法に関しても、X線を用いたものなどをはじめ、数多く提案され、実用化されている。これらの手法の中で、簡便性、感度等の観点から磁気式が広く採用されており、上記用途に対しても磁気式が最適であると考えられる。但し、磁気式においても、利用する物理現象、採用するセンサの種類、検出方式等多岐にわたる。

当センターではこれまで、様々な状況下の微弱磁気センシングに関する研究を行っており、これらの知見をもとに様々な磁気応用を検討して来た。これらのことをベースとし、今回、小型、高感度が要求され、複雑な状況への適応が求められる上記用途に適合した磁気式センシング方式の検討、およびこれを用いた手術針の検出能力の評価、検証を行った。

## 2. 手術針検知実験

磁気センサとして、様々な種類が存在する。これらは、駆動形式、感度、ダイナミックレンジ、空間分解能、周波数特性、検知磁場方向、サイズ、コスト等、様々な評価項目があり、それぞれ特徴をもつ。これらの項目の中から本用途に必要とされる項目での特性に注目し、選定を行った。選定結果を踏まえ、入手可能な磁気抵抗効果型素子、ホール素子、コイル式素子について検証を行った。その結果、コイル式素子をプローブに採用することとした。

微小金属の有無によるプローブ出力の差を見るためプローブを固定し、手術針を振動させながらプローブ出力の時間変化を観察した。検知可能距離の評価を行うため、プローブ最近接時のプローブ先端と手術針の距離として、2 mmから20mmの範囲で評価を行った。手術針は、10-0サイズとし、センサ加振周波数を2 Hz、加振振幅を1 mmとした。

プローブは、その先端と手術針との距離が短い程、高い電圧を出力する。距離5、6、8、10 mmにおける波形を図1に示す。波形のピーク位置は、手術針とプローブ先端が最も近接したタイミングにあたる。距離5 mm、6 mmでは加振周期に同期した明瞭な出力信号が得られたが、距離8 mmではかろうじて規則的な変動が見られる程度であった。更に距離を10 mmと離すと波形に規則性はほとんど見られず、針からの信号はノイズレベル以下と見なすことができる。図2に出力電圧の平均を距離に対してプロットしたものを示す。距離が6 mm以下の範囲で出力信号が得られた。

## 3. 試作プローブ

試作プローブの写真を図3に示す。本プローブはペンタイプとし、バッテリーを除き約70グラムと軽量化したことで、片手で容易に扱うことができる。駆動用電源はプローブとケーブルで接続された乾電池である。これらの仕様は、実際の術中の針探知においても使用が可能なものとなっている。また、本プローブは医療機器には該当しない。

## 4. むすび

手術に用いられる微小金属針の探知を目的とした磁気プローブ用センサの選定、プローブの評価を行い、実用レベルにあることを確認した。今後、医師、および医療機器取扱い業者の評価等を踏まえ、製品化へとつなげる予定である。また、微小金属の探知に対するニーズは多く、本プローブは多くの用途で要求を満たす性能を有することから、今後、幅広い分野への展開が期待される。

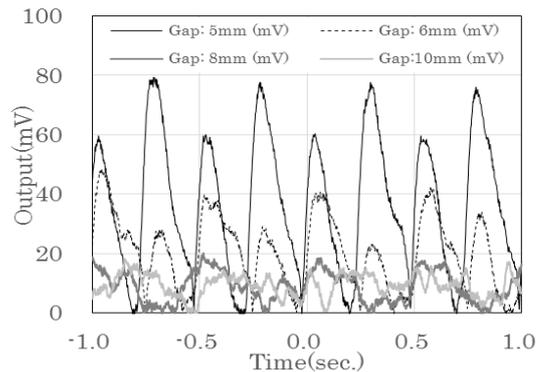


図1 手術針の異なる距離からの検出波形

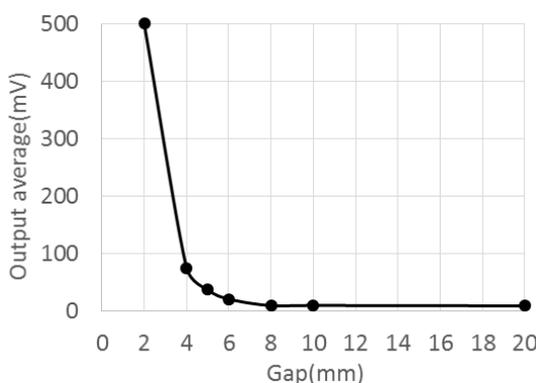


図2 手術針検出時の平均出力の距離依存性



(a)



(b)

図3 試作プローブの全体(a)、および動作時(b)の写真

# グリーン・エレクトロニクス産業創生事業

## - 見守りセンシング技術 -

電子・通信グループ 佐々木 大三

### Project of Creating Green Electronics Industries - Human Sensing Technology -

Electronics & Communication Group Daizo SASAKI

#### 抄録

現在、見守りセンサ向け要素技術の開発を行っている。今回は異種センサを組み合わせによるデバイスを想定している。本報告では、赤外線レイセンサ、超音波センサの設計開発と、判定計算方法および実験結果について述べる。なお、判定には多層ニューラルネットワークと深層学習（ディープラーニング）を用いた。

[キーワード：見守りセンシング, 赤外線, 超音波, 深層学習]

#### Abstract

We are trying a development of element technology for detecting and tracking human. The target concept is "Sensor Fusion" is combining from heterogeneous sensors. This report shows a development of Infrared array sensor, Ultra Sonic sensor, calculation method of judgment and experimental results. It is used Deep Neural Network and Deep Learning to calculate.

[ Key words: human sensing , infrared , ultra sonic , deep learning ]

#### 1. はじめに

現在、日本では少子高齢化によって労働者不足が表面化している。特に、保育や介護福祉分野における従事者不足が深刻である。これら従事者の省力化システムの需要を想定し、見守りセンシング技術の確立を目指している。見守りセンサに要求される項目として、検出確度、簡便性、コスト、そしてプライバシー保護などが考えられる。そこで、個人を特定しづらい赤外線レイセンサと超音波センサでのシステム構築の可能性について検討している。本報告では、赤外線レイセンサ、超音波センサそれぞれを駆動するシステムを開発し、そのデータ取得と判定について検討内容について述べる。

#### 2. 赤外線レイセンサ

今回、赤外線レイセンサには、パナソニック製 AMG88 を用いた。このセンサは、画素数として縦8横8の64個レイ型となっている。このセンサを用いることで、静止している人体の検出や、周囲温度分布の測定も可能とされている。I<sup>2</sup>C トランシーバとして microchip 製 PIC16F88、USB 変換デバイスとして FT232 を用い、USB からの給電で動作する構成とした。

#### 3. 超音波センサ

超音波センサの駆動方式として、パルス法と連続波法がある。パルス法は回路構成を簡単にできるが、今回はノイズ耐性を重視し、連続波を用いた位相検波方式を採用した。原理は次の通りである[1]。

$$S_{ref} = e^{j\omega t}, \quad S_{Rx} = \text{Re}(e^{j\omega(t+\tau)}), \quad S_{det} = S_{Rx} \cdot S_{ref} = (e^{j\omega(2t+\tau)} + e^{-j\omega\tau})/2$$

ただし、 $S_{ref}$  は参照信号(実部のみとすると送信信号と等しい)、 $S_{Rx}$  は受信信号、 $S_{det}$  は位相検出用信号である。 $S_{det}$  の DC 成分を抽出することで位相の算出が可能である。

この方式を安価なシステムにするために、安価な超音波振動子を利用すること、汎用のプロセッサを利用すること、を重視し、ルネサス製マイコン RX63N が実装された若松通商製 GR-SAKURA と Cypress 製 PSoC 5Lp を候補に検討した。

GR-SAKURA を用いた試作では、サンプリング速度の観点から 25kHz 超音波向けとした。出力およびサンプリングはタイマー割り込みを用い定期的に処理したものの、参照信号との位相が合わず、検波後で最大約 20 度の差が発生したため、この時点で今回は採用を見送った。

PSoC はロジック回路を独立で動作可能なので、40kHz 超音波向けとして、試作開発を行った。出力およびサンプリングは、ロジック回路で同期動作させ、回路制御および位相計算などのデータ解析をプロセッサで行うように設計した。その結果、検波後バラツキが 3 度まで抑えることができた。データは約 30ms 毎に 5 回取得し、極座標形式出力する。



図 1 作成したセンサ

#### 4. データ取得と判定

見守りセンサとして用いる場合、ヒトの状態判定が必要となる。センサで得られた値から状態を推定する場合、参照モデルの構築方法として Physical Modeling、Behavioral Modeling の 2 つがある。Behavioral Modeling には、Physical Modeling の要素を加味した Gray Box Modeling や Neural Network がある。今回は、センサ応用時の運用を想定し、Neural Network と機械学習いわゆる人工知能によるアプローチを試みた。

データ収集には、rasbian が稼働する Raspberry PI を使い、それぞれ接続しデータを収集した(図 1)。データセットには検証用に web カメラ画像も紐付けし保存している。今回は、センサの動作確認として、ヒトの存在について判別を行うためデータには有人無人のラベルを付与し、教師あり学習を行った。今回利用したフレームワークは H2O の Deep Learning、パラメータは隠れ層 5 段、ノード数は赤外線時 64、超音波時 10、組み合わせ時 74 とし、活性化関数は Rectifier とした。データ数は全部で 1242 個であるがそのうち有人が 85% のため、有人無人のデータをピックアップし各 186 個の合計 372 個で Cross-Validation を行った。その結果、赤外線アレイセンサデータでは 0.81%、超音波センサデータでは 10.75%、2 種を組み合わせたデータでは 0.54% の誤り率であった。

#### 5. まとめ

今回は、見守り用異種組み合わせセンサとして、赤外線アレイセンサと超音波センサの組み合わせを候補に、それぞれのセンサからのデータ取得系を構築した。データからの判定手法に Deep Learning を用いた。今回は動作確認のため、人の有無を判定した結果、誤り率が赤外線 0.81%、超音波 10.75%、組み合わせ時 0.54% となった。今回の判定について、赤外線ではヒトの体温の有無で判定できることから、高い正答率となったと考えられる。今後は更に複雑な状態を判定できる要素技術を確立していく予定である。

参考文献[1] K. Sasaki, M. Nishihira and K. Imano : “Precise displacement measurements using phase information of 40 kHz ultrasonic waves in pinhole-based air-coupled ultrasonic system” , Jpn. J. Appl. Phys., vol. 46, no. 7B, pp. 4545-4548, 2007.

# グリーン・エレクトロニクス産業創生事業

## - 農工連携事業推進 -

電子光応用開発部 小笠原 雄二、佐々木 信也、佐々木 大三  
技術イノベーション部 山田 誠、田口 香

## Project of Creating Green Electronics Industries - Collaboration between agriculture and industry -

Electronics and Optics Application Development Section  
Yuji OGASAWARA, Shinya SASAKI, Daizo SASAKI  
Technology Innovation Section  
Makoto YAMADA, Kaori TAGUCHI

### 抄録

新エネルギーやICT (Information and Communication Technology)を活用し新たな農林水産業アプリケーションを創出する農工連携事業の推進に取り組んでいる。今年度は、①農業就農者など現場のニーズを把握し、②その課題解決に対して支援可能なシーズや情報を提供して、③新たな農業支援ツール・サービス開発を試みた。当センターの技術シーズを活用し県内企業との連携により農業分野での課題解決に成功した例を報告する。

[キーワード：新エネルギー、ICT、農工連携、センシング、環境制御技術]

### Abstract

We are promoting Agriculture and industry cooperation project which creates new application for sectors of Agriculture, forestry and fisheries using New Energy Resource and ICT (Information and Communication Technology). Target of this fiscal year: 1) Understand number of needs and problems in farmstead, 2) Suggest technology solutions and information for these problems, 3) Develop prototype new tool and new service platform for supporting agricultural sector. This report shows two success cases of collaboration with regional company in Akita which use our technology solutions for problems on agriculture.

[ Key words: New Energy Resource, ICT, Agriculture and industry cooperation, Sensing, Environment Control System]

### 1. はじめに

地域エネルギーとICTを農業分野に活用し、作業の省力化や生産性向上、担い手育成などの面で具体的な連携を進めるため、県地域産業振興課が「次世代農業機器研究会」を平成27年7月に発足した。当センターでは、研究会活動に技術的な支援を含めて協力しており、農作業従事者と電子部品メーカーなど工業分野関連企業との橋渡しも積極的に行っている。ここでは、当センターのシーズを活用した2つの共同開発事例について報告する。

### 2. リンゴの収穫適期判定アプリ

これまでリンゴの収穫適期判定は、就農者がリンゴの色づきを目視により行っていた。そのため、判定結果にはばらつきが発生しやすく、熟練が必要とされている。また、色づき判定の参考とするための熟度に応じたカラーチャートがあり、この比較判定においても、個人差が発生するという問題があった。

このような課題解決と秋田県果樹試験場からのニーズに基づき、(株)オクトライズとの共同研究でスマートフォンで使える適期判定アプリを開発した。特徴は、赤色系リンゴの判定で利用する「がくあ部 (リンゴの下部)」

を画像処理技術により高速に認識・抽出し、同部の色づきを環境光に基づき補正を行い、収穫適期を自動判定することである（図1）。この技術は、当センターが独自開発し、（株）オクトライズがスマートフォン向けのソフトウェアとして開発した（特許出願済）。広く普及しているスマートフォンに、本アプリをインストールすることで、手軽に収穫適期の判定を行うことができ、生産者の省力化が図れる。また判定に熟練を必要としないため、これから就農を目指す方の参入障壁を下げることも期待できる。

果樹試験場から「経験や勘といった数値化の難しい栽培技術の一部が、画像処理技術によって再現できるようになり、今後、様々な生産場面において管理作業の平易化が進むものと期待される」との評価があり、今後の商品化を目指している。



スマートフォンによる操作

判定結果の表示  
(指数6.8で収穫適期と判定)

図1 スマートフォンによる適期判定の様子

### 3. 農業用ハウス内環境制御システム

ヒートポンプ製品を製造販売している ENEX（株）では、地下水熱ヒートポンプ技術を菌床シイタケの栽培ハウス内の冷暖房に活用したシステムを秋田県内の農家に提供している。農家からはハウス内の温度ムラや運転の手間などをより改善し、省力化と最適環境の実現を求める声が多く寄せられている。そこで、当センターで保有するサブサンクションアーキテクチャ技術を農業分野へ適用し、これまで個別・独立に操作していたヒートポンプ及びその周辺装置や循環扇等の機器を自律分散的に制御するシステムを開発した。

本システムの概要を図2に示す。ハウス内に設置した温度センサ（開発は（株）アクトラス）のデータを当センター内に設置した仮想クラウドに集積し、モニターが可能であると共に、そのデータを用いてヒートポンプや循環扇の機器が個別に判断・運転し、結果として連携しながらハウス内環境の均一化を実現するものである。これまでに本システムで自律的な最適環境制御が行われていること、およびその有効性を確認しており、すでにシイタケ栽培農家・事業者へ適応している。今後は異常時の警告などの機能充実を図る予定である。

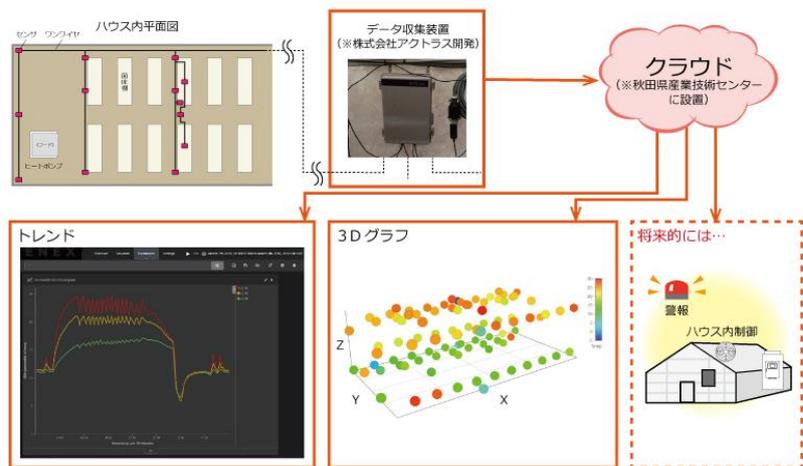


図2 多点センシングによる温度データの活用

## 医療機器産業顕在化事業

### - 電界攪拌技術を用いた迅速診断支援機器の開発 -

先進プロセス・医工連携グループ 中村 竜太、久住 孝幸、赤上 陽一

## Elicitation Project for Medical Equipment Industry - Development of rapid diagnostic support device using electric field stirring technology (EST) -

Advanced Processing/ medical-engineering collaboration Group  
Ryuta NAKAMURA, Takayuki KUSUMI, Yoichi AKAGAMI

### 抄録

がんの診断方法の1つである免疫組織染色において、従来静置法では、抗原抗体反応工程は90分を要していた。その工程に、我々が開発した電界攪拌技術を導入することで10分に出来ることを確認し、迅速免疫染色法を開発した。前年度まででは、電界攪拌が抗原抗体反応を迅速化させる機序について検討し、攪拌によって抗原と抗体の接触頻度が向上することを明らかにした。今年度は、実際の免疫染色に使用される分子量を有する抗体を用い、その移動速度について調査した。

[キーワード：がん、抗原抗体反応、電界攪拌技術、迅速免疫組織染色法]

### Abstract

By applied electric field stirring technique (EST) showed antigen-antibody reaction time in an immunohistochemical staining can be shortened from 90 minutes of conventional method to 10 minutes. In previous study, EST examined the mechanism which makes antigen-antibody reaction of an immunohistochemical staining quicken. As a result, we obtained that it has the mechanism which a reaction time of an immunohistochemical staining is shorten because antigen and antibody improve to increase the frequencies of contact under EST. compared with conventional method. In this study, we investigated about the moving velocity using antibody having molecular weight that is used for actual immunohistochemical staining.

[ Key words: cancer、antibody-antigen reaction、electric field noncontact stirring technology、Rapid-immunohistochemical staining ]

### 1. はじめに

近年、がん治療は進行度や悪性度に応じて、最適な個別化医療を行う傾向にある。その際に用いられる術中病理診断は現状、HE（ヘマトキシリン・エオジン）染色が中心である。しかし、HE染色ではリンパ節微小転移の診断に限界があることが知られている。このリンパ節微小転移を見逃さずに診断するには免疫組織染色法が有効である。しかし、この方法における抗原抗体反応の機序はブラウン運動が支配的であり、染色に2時間以上を要してしまうため、術中病理診断には適用できないという課題があった。そこで、我々が開発してきた電界攪拌法を適用し、手術中に免疫染色を可能にした。この研究成果をもとに、迅速免疫染色法を可能にする装置を秋田大学や県内企業と産学官連携で開発し、昨年度上市するに至った。前々年報では電界攪拌法による免疫染色の迅速メカニズムを解明するために、抗体模擬粒子を用いて挙動観察実験を行い、攪拌により抗原と抗体との接触頻度が高まることを明らかにした。今年度は、実際の免疫染色に使用される分子量を有する抗体を用いて、その移動速度について調査した。

## 2. 電界攪拌技術

我々は現在までに、物質固有の誘電率に着目し、外部より電界を与えることで発生する吸引力を用いて、流体の配置制御を積極的に活用する電界砥粒制御技術を応用した電界攪拌技術を開発してきた。電界オフ (0kV) 時の液滴の観察像と、電界オン (4kV 矩形波) 時のハイスピードカメラによる液滴観察像を図 1 に示す。電界印加によって、液滴に吸引力が作用し、上方向に引き寄せられる様子が確認できる。このよう電界のオンオフによって液滴が上下に振動し、液滴の内容物が、スターラーなどの介在物無しに攪拌できる。良好な電界の液滴の振動周期を得るために、液量や液の粘度、液滴底面の面積等ごとに最適な周波数が存在する。

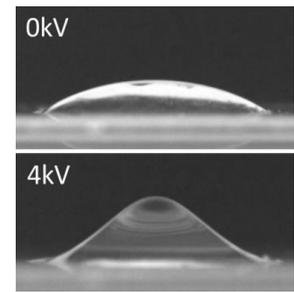


Fig.1 高電圧場印加時の液滴挙動

## 3. 蛍光標識抗体を用いた電界攪拌中の内部挙動観察と抗体移動速度

前々年報では抗体を模擬した粒子として炭酸カルシウム粒子 (分子量 100) を用いて挙動観察実験を行い、3kV にて約 1200 倍の粒子速度が上昇することを確認した。今回は蛍光標識された抗体たんぱく質 (Abcam 社製 Anti-pan Cytokeratin 抗体 [C-11] (FITC): 分子量 57kDa) を用い、蛍光顕微鏡内 (照射波長 493nm) で観察を行った。用いた観察実験装置の概要図を図 2 に示す。液滴の挙動を上方向から内部観察を可能にするために上側の電極は ITO 製の透明電極を用いた。本装置を用いて粒子挙動観察を行い、単位時間当たりの移動量を計測して抗体の移動速度として算出した。観察条件は液量 150  $\mu$ L (純水)、抗体量 0.3  $\mu$ L、液滴底面直径 12mm、電圧 0~3kV、周波数 19Hz、電極間距離 5.5mm である。実際観察した画像を図 3 に示す。この図で色が薄い部分が抗体の存在している領域である。内側の線は開始領域であり、外側の線は 20sec 後の領域を示している。印加電圧と抗体移動速度の関係を図 4 に示す。印加電圧に対して、粒子速度は対数的に上昇していることがわかる。無電界時の抗体移動速度と 3kV 印加時の抗体移動速度を比較すると、約 22 倍となっていることがわかる。免疫染色を行う際に実際に用いる抗体たんぱく質を用いた場合でも電界印加による攪拌により抗体移動速度が大きくなることが

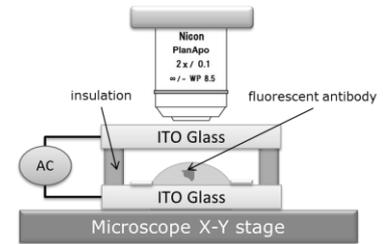


Fig.2 観察実験装置の概要図

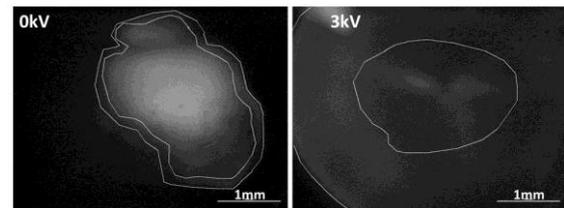


Fig.3 20 秒後の観察画像

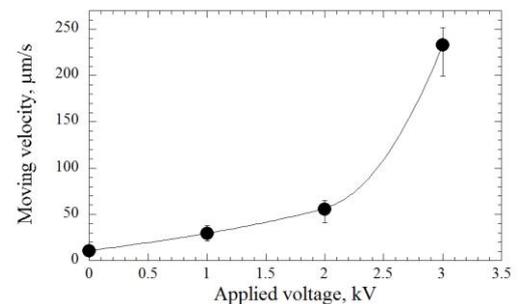


Fig.4 印加電圧と抗体移動速度の関係

明らかになった。やはり、抗原と抗体の接触頻度が向上することで免疫染色反応が加速しているというメカニズムであることが確認できた。炭酸カルシウム粒子を用いた時は、無電界時と比べて 3kV 印加にて約 1200 倍の速度が上昇したが、今回は約 22 倍程度であった。この理由については、分子量の大きさが関係していると考えられる。つまり、抗体タンパク質は炭酸カルシウムに比べ非常に大きい分子量を持ち、さらに立体構造を呈しているため、溶媒の中で粘性抵抗を受けやすいためであると考えられる。

## 4. まとめ

免疫組織染色を行う際に実際に用いる抗体たんぱく質を用いた場合でも、3kV の電界印加による攪拌により抗体移動速度が約 22 倍大きくなった。やはり、攪拌効果により、抗原と抗体の接触頻度が向上することで免疫組織染色反応が加速しているというメカニズムであることを確認した。

# 医療機器産業顕在化事業

## - 医療機器の実用化開発 -

先進プロセス・医工連携グループ 内田 富士夫、黒沢 憲吾、沓澤 圭一

### **Elicitation Project for Medical Equipment Industry - Practical Developments of Medical Equipment -**

Advanced Processing/ medical-engineering collaboration Group  
Fujio UCHIDA, Kengo KUROSAWA, Keiichi KUTSUZAWA

#### 抄録

現在、我が国は、世界一の超高齢社会となっている。これに伴い、加齢による変形性脊椎疾患の患者が増加している。しかし、現行のスクリューを使用した脊椎固定術に代わる効果的で合併症の少ない治療法の開発が望まれている。そこで、本事業では、平成26年度に医工連携推進化事業「3Dチタンプリンターを用いた革新的脊椎制動インプラントの開発」に採択され、3Dプリンター技術を駆使した患者個人に適合したカスタムメイド型インプラントの開発をおこなった。

[キーワード：3Dプリンター、チタン、インプラント、変形性関節症、人工関節]

#### Abstract

Currently, our country has become a world of super-aged society. Along with this, patients with degenerative spine disease with age is increasing. However, the development of small therapeutics effective and complication alternative to spinal fusion using the current screw is desired. Therefore, in this project, adopted in diplomatic cooperation promotion of business in 2014, "the development of innovative spinal braking implant using 3D titanium printer", custom-made implant adapted to the individual patient, which made full use of the 3D printer technology, it was carried out of the development.

[ Key words: 3D printer, titanium, implant, osteoarthritis, artificial joints ]

#### 1. はじめに

脊椎変形疾患・脊椎損傷に対して、日本では金属製スクリューとロッドを用いた脊椎固定術が広く行われているが、スクリュー刺入による血管・神経損傷、脊椎固定による隣接椎間板変性、大きな手術侵襲による1か月以上の長期入院などの問題がある。また、手術には高度の手術手技と高額な医療機器が必要なため、手術可能な病院が限定されている。一方、海外ではこれらの課題のうち、隣接椎間板変性予防を目的として金属製スクリューと樹脂製ロッドなどを用いた制動術（動きを抑える手術法）が開発されたが、他の課題については解決策がなかった。

このため、医療現場では、脊椎変性疾患・脊椎損傷に対する簡便で合併症の少ない治療法の開発が望まれている。具体的には、①スクリューを使用しない手術法で誤刺入を防止、②脊椎を固定しない手術法で隣接椎間病変を予防、③手術侵襲を小さくして入院期間短縮、④簡単で高額医療機器を使わない手術で一般病院でも施行可能とすることである。

本事業は、従来の脊椎固定術の上記課題をすべて解決する革新的脊椎制動インプラントの開発、臨床試験、薬事申請、製品化を目的とする。

## 2. 実施体制

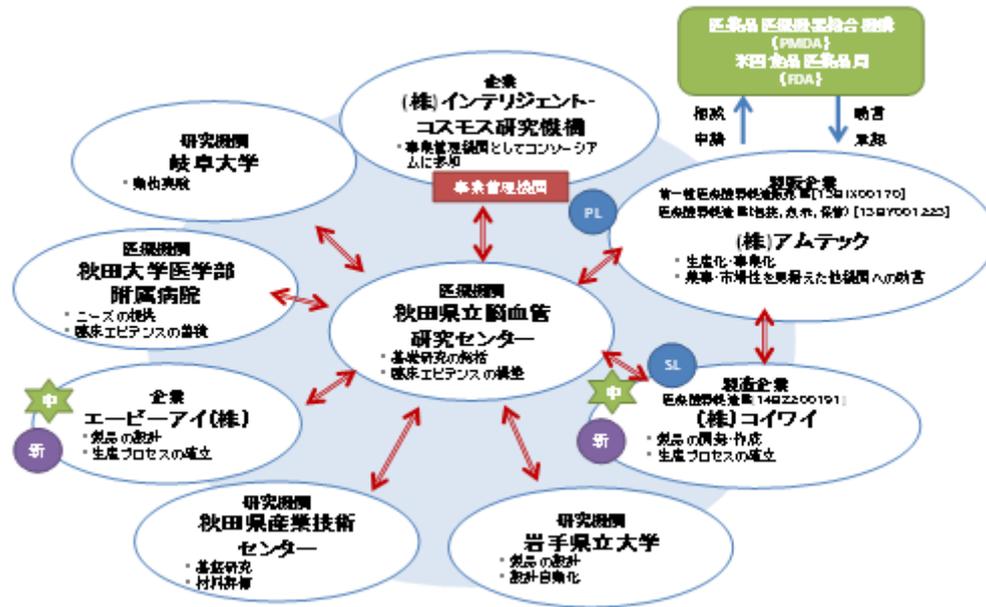


図1 実施体制

## 3. 実施内容

3Dプリンターを用いた革新的脊椎制動インプラントの開発

H26-093 **世界初の3Dプリンター製高性能脊椎インプラント**  
 Class III (株)アムテック・(株)コイワイ・エービーアイ(株)・秋田県立脳血管研究センター・秋田県産業技術センター  
 秋田大学・岐阜大学・岩手県立大学・(株)インテリジェントコスモス研究機構

### 合併症の多い従来の脊椎固定術

- 対象は国内400万人以上の脊椎変性疾患患者。
- しかし、現行の脊椎固定術では、スクリー刺入による神経血管損傷、固定による隣接椎間病変発生、侵襲が大きく長期入院、特殊技術・機器が必要、など多くの問題点がある。

### 従来の脊椎固定術

スクリーと棒で脊椎を完全に固定

### 世界初の3Dプリンター製高性能脊椎インプラント

- 患者の画像データをもとにしたオーダーメイド機器。

	従来の脊椎固定術	新手術
合併症率	10-40%	大幅に減少
入院期間	1ヶ月	1週間
手術可能施設	専門病院	一般～専門病院
手術時間	3時間	30分

### 新インプラント

人工関節付カバーで脊椎を制動

**3Dプリンター技術を用いた日本発の画期的な脊椎インプラント**

- (株)アムテックは20年に渡る脊椎インプラントの販売と日本発の画期的脊椎固定インプラントを国内開発・薬事承認を取得した経験を生かし、2012年国内初の3Dプリンター金属粉末積層工法によるサービスビューローを開設した(株)コイワイと共同で開発を進める。

## 4. まとめ

本事業は、継続中の事業のため、本報にて詳細な研究成果を報告することができないが、現在計画通りに研究が進められている。

# 次世代ものづくり創生事業

先進プロセス・医工連携グループ 内田 富士夫、黒沢 憲吾、沓澤 圭一

## Next Generation Manufacturing Initiative

Advanced Processing/ medical-engineering collaboration Group  
Fujio UCHIDA, Kengo KUROSAWA, Keiichi KUTSUZAWA

### 抄録

近年、3次元CAD/CAM/CAE/RPを活用したデジタルエンジニアリング技術は、3Dプリンタによる新製品のモックアップなどの試作開発技術から、3Dプリンタで直接実製品を製作するAM（Additive Manufacturing）技術に移行しつつある。しかし、この技術は、設計・造形技術等の技術力の問題によりいまだに確立していないのが現状である。そこで、本事業では、当センターがこれまで行ってきた3Dプリンタの活用技術を応用発展させ、3次元CAD/CAM/CAEの技術者の育成による技術力向上、及び県内企業の新規分野進出の支援を行った。また、国産初の3D鋳型積層造形機を導入し、3D鋳型積層造形機を活用した新鋳造技術の開発にも着手した。

[キーワード：3次元CAD/CAM/CAE、3Dプリンタ、3D鋳型積層造形機、AM]

### Abstract

In recent years, digital engineering technology by utilizing a three-dimensional CAD / CAM / CAE / RP is, from prototype development technologies such as mock-up of the new product by the 3D printer, the AM (Additive Manufacturing) technology to produce a direct real product in the 3D printer It migrated a while. However, this technology is not yet been established by the technical capabilities of the problems such as the design and modeling technology is at present. Therefore, in this project, our center is to application development the utilization technology of 3D printers you've been doing, 3D CAD / CAM / CAE technology's technical strength improvement by training, and support of a new foray into the local companies It was carried out. In addition, by introducing Japan's first 3D mold laminate molding machine, it was also embarked on the development of new casting technology that leverages a 3D mold lamination molding machine.

[ Key words: 3D CAD/CAM/CAE/RP, 3D-Printer, 3D-Sand Casting Meister, AM ]

### 1. はじめに

3Dデータを活用した技術は、現在のものづくりには欠かせない技術である。当センターではこれまで、設計技術者養成事業、マイスター研修事業等にて3次元CADの普及活動の成果によって、3次元CADの普及率は東北の中でも高い位置にある。さらに、本事業にてこの技術を応用発展させ、県内企業の3Dの活用技術の向上及び新規産業への進出に係わる支援を実施した。

### 2. 人材育成及び技術支援

本事業では、3Dものづくり技術の発展を目的に、3次元CAD/CAM/CAE/PRについて①3次元CADによるモデリングコース、②構造解析コース、③鋳造CAEコース、④3Dプリンタによる造形技術コースの4つのコースを設定し、技術研修等の人材育成を行い、県内企業の技術レベル向上の支援を行った。その結果、5社267人日の技術研修を実施し、「医療用プレートの製作技術の確立」、「医療用腕固定ギブスの製作技術の確立」、「3Dプリンタを活用した医療機器等の機械設計及び検討」等の技術を確立することができた。その他、「3Dプリンタを活用

した「鋳造技術の開発」では、木型の代替えとして3Dプリンタにて造形した模型を活用することで、木型製作期間の短縮及びコスト半減等の成果を得ることができた。

### 3. 3D 鋳型積層造形機の導入

当センターでは平成27年度地域オープンイノベーション促進事業（戦略分野オープンイノベーション環境整備事業）にて採択され、国産初の3D 鋳型積層造形装置を導入した。この事業は、秋田県、岩手県、青森県、宮城県、山形県、三重県の6県が連携し、平成27~31年の5年間にて「3D 積層造形技術活用による新規医療機器の開発」の確立を目指すものである。

当センターが導入した3D 鋳型積層造形機はシーメット株式会社製 Sand Casting Meister SCM-10 である。国産初の鋳型積層造形機であり、国家プロジェクト（TRAFAM）にて開発中の材料を積層させて鋳型を製作する装置である。これにより、これまで製作することができなかつた形状の鋳造品を製造できるとともにあらゆる金属にも対応できるため、患者向けオーダーメイドの医療器具も製作可能となる。この製作技術の確立を早期に確立し秋田県内企業をはじめ、連携する県の企業への普及させる予定である。



**Sand Casting Meisterの強み**

- 3次元CADデータより砂型をダイレクト成形 木型不要で従来工法と比べ高品質・短納期
- 複雑形状も一体化・分割不要の自由設計 アンダーカットのある複雑形状にも対応
- 高精度造形による寸法品質の安定 鋳型の分割不要・薄肉高精度化
- 高速造形による工期の劇的な短縮 中子点数を減らし試作にかかる時間を短縮

**ターゲット製品**

- シリンダブロック・マニホールド等自動車部品
- 油圧バルブ

**造形手順と装置スペック**



砂を敷き詰める      バインダを砂に噴射      造形テーブルが一層下繰り返し行      新たな層の造形の為、砂を敷き詰める

砂中からモデルを取出す      ステージが上がる      造形完了

図1 3D 鋳型積層造形機

### 4. まとめ

本事業にて3D 技術を応用発展させ、新規産業への進出の支援を実施した結果、県内企業の技術力向上及び新規産業への進出を支援することができた。今後は、次世代3D 技術として、3D 鋳型積層造形技術の確立及び金属粉末積層造形機の導入に向けた設計技術の確立、造形技術の確立を図る予定である。



## IV-2 研究推進

## ユビキタス組成次世代超硬材料の開発（第4報）

機能性材料グループ  
技術コーディネート班  
先進プロセス・医工連携グループ  
秋田大学

杉山重彰、関根 崇、村田初美  
菅原 靖  
加藤 勝、石田広巳  
仁野章弘、泰松 斉

### Development of a next-generation hard material with ubiquitous composition [4]

Shigeaki SUGIYAMA, Takashi SEKINE, Hatsumi MURATA  
Yasushi SUGAWARA  
Masaru KATO, Hiromi ISHIDA  
Akihiro NINO, Hitoshi TAIMATSU

#### 抄録

焼結性の良好な TiC 原料粉末を用いて、TiC-SiC セラミックスを通電加圧焼結により作製した。得られた焼結体の焼結性、機械的性質、熱的性質を調べた。焼結温度 1800°C で、0~70 mol% SiC の組成で緻密なセラミックスが得られた。緻密な TiC-SiC セラミックスでは、一定のヤング率となった。SiC 添加によりビッカース硬さと破壊靱性値が増加した。ビッカース硬さは、10 mol%以上の SiC を添加することで、2~3 GPa 増加した。破壊靱性値は、1800°C で焼結した TiC-50 mol% SiC で最大値 6.5 MPa m<sup>1/2</sup> となった。熱伝導率は SiC を添加することで増加し、TiC 単体の 27 W m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> から 70 mol% SiC 添加で 98 W m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> となった。

[キーワード：通電加圧焼結、炭化チタン、炭化ケイ素、機械的性質]

#### Abstract

TiC-SiC ceramics were prepared by a reactive resistance-heated hot pressing. Sintered bodies were characterized for sinterability, mechanical properties and thermal properties. Dense ceramics were obtained in the range of 0 – 70 mol% SiC at a sintering temperature of 1800°C. Young's modulus was constant for dense TiC-SiC ceramics. The addition of SiC improved Vickers hardness and fracture toughness. The addition of SiC above 10 mol% increased Vickers hardness 2 – 3 GPa. The higher fracture toughness value 6.5 MPa m<sup>1/2</sup> was obtained for the TiC-50 mol% SiC ceramic sintered at 1800°C. The addition of SiC greatly increased thermal conductivity from 27 W m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> for pure TiC to 98 W m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> at 70 mol% SiC.

[Key words : Reactive resistance-heated hot pressing, Titanium carbide, Silicon carbide, Mechanical properties]

#### 1. はじめに

TiC は、高い硬さ、高融点、優れた耐摩耗性、耐食性を有しており、切削工具材料の原料に用いられている。代表的な切削工具材料の WC-Co 超硬合金と比較して、資源の偏在リスクが少ない利点を持つ。そのため、希少金属を多く使用する超硬合金の使用量を低減する材料として期待できる。しかし、難焼結性のため TiC 単体での利用はなく、一般的には金属を添加して液相焼結した TiC 基サーメットとして応用されている。

TiC は、強度、破壊靱性値、熱伝導率がそう高くなく、刃先温度が 800°C 以上の高温になる高速切削では、それらの性質が摩耗や欠損を招く。

高い熱伝導率、優れた耐食性、高い硬さ等の特性をもつ材料としては、SiC が知られている。TiC と SiC は、互いに固溶度を持たないので、TiC に SiC を添加すると機械的性質および熱伝導率の向上が期待できる。昨年度は平均粒径の異なる TiC 粉末を焼結し、単体でも比較的焼結性が良好な TiC 原料粉末の調査を行った。

本年度は、調査した中で焼結性が良好だった TiC 原料粉末を用いて、SiC を添加した TiC-SiC セラミックスを作製し、焼結性、機械的性質、熱伝導率に与える SiC の影響を調査した。

## 2. 実験方法

原料として、TiC粉末（日本新金属）、SiC粉末（屋久島電工）を使用した。粉末の平均粒径と化学組成を表1に示す。原料粉末は、エタノール中で24 h、ボールミルにより混合した。焼結は、昇温速度50°C/min、焼結温度1800°C、保持時間10 min、加圧力50 MPa、真空中の条件で、通電加圧焼結装置（住友石炭鉱業、SPS-2080）を用いて行った。グラファイトダイスの温度を均一にするために型の周囲をグラファイトウールで囲んだ。粉末と接する部分には、グラファイトシートを設置した。焼結温度は、グラファイトダイスの表面から深さ10 mmの穴の内部を放射温度計で測定した。焼結体の生成物はX線回折装置（理学電機、RINT-2500VHF）で、微細組織はEPMA（日本電子、JXA-8200）を用いて調べた。密度測定にはアルキメデス法を用いた。焼結体の機械的性質は、ヤング率、ビッカース硬度、および破壊靱性値で評価した。ヤング率は、高温動弾性率測定装置（東芝タンガロイ、UMS-HL）、探触子5 MHzを用い、超音波パルス法により測定した。硬さは、ビッカース硬度試験（マツザワ、AVK-C2500）で、98 N、15 sの条件で測定した。破壊靱性値は、硬さ試験で生じる圧痕とクラック長さを用いて、IF法のED式[1]により求めた。

表1 原料粉末の平均粒径と化学組成。

Powder		TiC	SiC
Average particle size [ $\mu\text{m}$ ]		1.47	0.62
Composition [wt%]	total C	19.20	-
	free C	0.50	0.47
	N	0.00	-
	O	0.80	-
	Fe	0.30	0.03
	Al	-	0.02
	free SiO <sub>2</sub>	-	0.87

## 3. 実験結果および考察

XRD パターンの解析結果および EPMA の元素分析結果から、構成相は TiC と  $\alpha$ -SiC のみであり、反応生成物は確認できなかった。図1に TiC-x mol% SiC の微細組織を示す。灰色の領域が TiC、黒色の領域が SiC に対応している。10 mol% SiC を添加した(b)では、組織全体に黒色の SiC が均一に分散した。また、SiC を添加することにより TiC の粒成長が抑制され、微細な組織を形成した。

図2に焼結体の相対密度と SiC 添加量の関係を示す。少量の SiC を添加することで、相対密度がわずかに

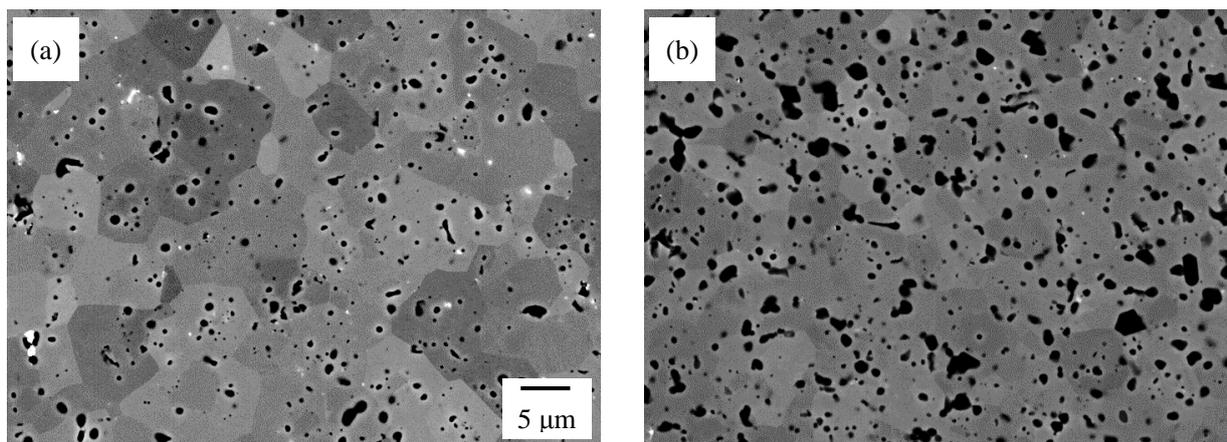


図1 TiC-SiCセラミックスの微細組織。SiC量 (mol%): (a) 0、(b) 10

向上した。焼結温度 1800°C の焼結体は、70 mol% SiC までで緻密に焼結した。80 mol% 以上になると相対密度が著しく低下した。1700°C では 30 mol% SiC までは緻密化するが、50 mol% 以上になると相対密度が低下した。1600°C では 10 mol% SiC までは緻密化するが、20 mol% 以上になると SiC 添加量の増加に伴い相対密度が低下した。

図3に焼結体のヤング率を示す。TiC単体のヤング率は454 GPa、SiC単体は440 GPaであり、ほぼ同じヤング率を持っている。ヤング率は相対密度に対応して変化し、相対密度が98%以上の焼結体では446~457 GPaであり、TiCおよびSiC単体に近い値となった。1800°Cで焼結したTiC-70 mol% SiCでは、相対密度が100%で、ヤング率が最大値448 GPaとなった。1700°CではSiC添加量が50 mol%以上でヤング率が低下し、1600°Cでは20 mol%以上で低下した。ヤング率は気孔率に依存し、気孔率の増加がヤング率の低下を招いた。

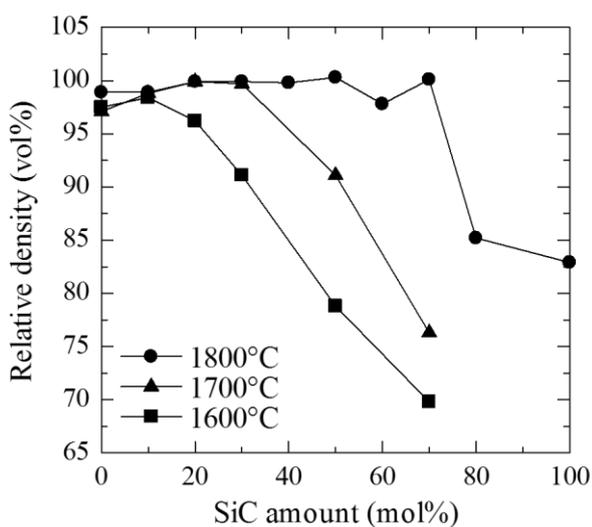


図2 焼結体の相対密度

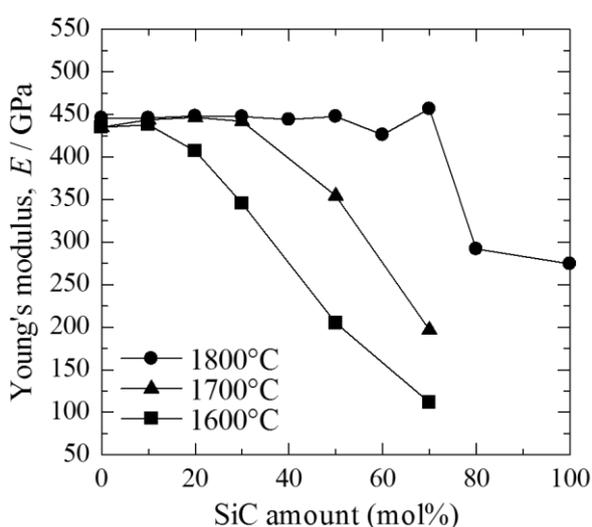


図3 焼結体のヤング率

図4に焼結体のビッカース硬さを示す。1800°Cで焼結したTiC単体の場合、ビッカース硬さは17.9 GPaとなり、焼結温度を低下させてもほとんど変化は見られなかった。SiCを10~30 mol%添加することによって、硬さが増加した。1700°Cで焼結したTiC-30 mol% SiCは、最大値21.0 GPaとなった。

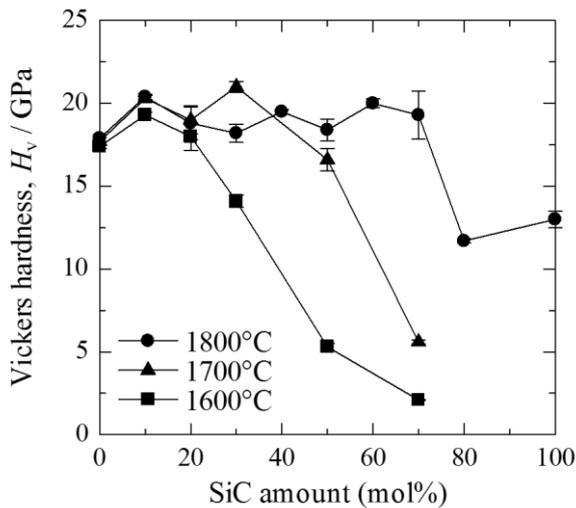


図4 焼結体のビッカース硬さ

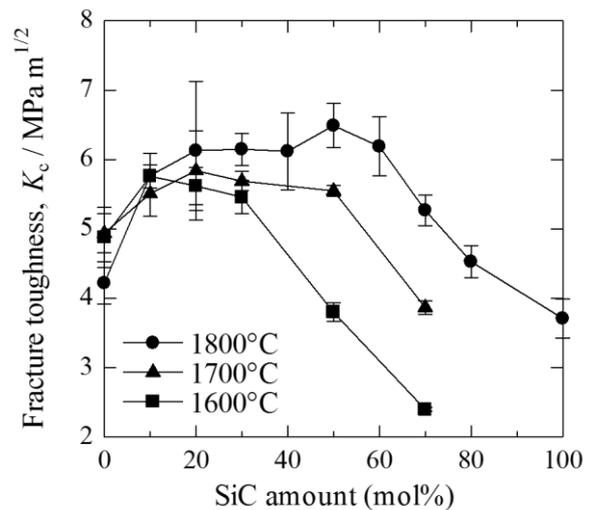


図5 焼結体の破壊靱性値

図5に焼結体の破壊靱性値を示す。TiC単体の破壊靱性値は $4.2 \text{ MPa m}^{1/2}$ であったが、10 mol% SiC添加で $5.8 \text{ MPa m}^{1/2}$ まで増加した。1800°Cで焼結したTiC-50 mol% SiCは、最大値 $6.5 \text{ MPa m}^{1/2}$ の破壊靱性値となった。緻密なセラミックスの破壊靱性値と硬さとの間には負の相関関係があるといわれているが、本研究で作製したTiC-SiCセラミックスでは、SiCの添加により硬さと破壊靱性値のいずれも増加した。

図6に焼結体の熱伝導率を示す。熱伝導率は気孔の影響を受けるため、相対密度98%以上の緻密な焼結体で評価した。熱伝導率は、SiC添加量の増加とともに向上した。TiC-70 mol% SiCで最大値 $98 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ の高い熱伝導率を示した。TiCに比べ、SiCの熱伝導率は高く、TiCへのSiC添加は熱伝導率の向上に極めて効果的であると考えられる。

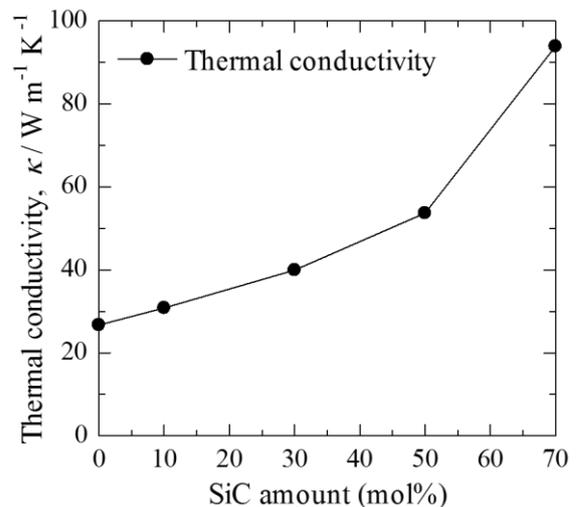


図6 焼結体の熱伝導率

## まとめ

焼結性の良好なTiC原料粉末を使用し、TiC-SiCセラミックスを焼結した結果、次のことがわかった。

- (1) SiCを添加することで、TiC結晶粒が微細化した。
- (2) 少量のSiC添加で焼結性が改善し、焼結温度1800°Cで70 mol% SiCまで緻密化した。
- (3) SiCを添加することで、ビッカース硬さ、破壊靱性値および熱伝導率が向上した。

## 文献

- [1] C. B. Ponton and R. D. Rawlings: "Vickers Indentation Fracture Toughness Test Part 1. Review of Literature and Formulation of Standardised Indentation Toughness Equations", *Mater. Sci. Technol.*, 5-Spt. (1989), 865-872.

# 電界砥粒制御技術を用いた次世代半導体基板研磨システムの開発（第3報）

先進プロセス・医工連携グループ

久住孝幸、中村竜太、越後谷正見、赤上陽一

秋田工業高等専門学校 池田洋

## Development of the advanced polishing technology for next-generation semiconductor substrates using controlled slurry under AC electric field [3]

Takayuki KUSUMI, Ryuta NAKAMURA, Masami ECHIGOYA

Yoichi AKAGAMI and Hiroshi IKEDA

### 抄録

サファイアやシリコンウェーハなどの半導体基板研磨の最終仕上げに多用されているコロイダルシリカスラリーは、ナノレベルの粒子径を持つシリカ粒子を安定分散させたコロイド溶液である。本研究では、滴下ノズルに電界を印加する機構を設けた電界活性化ノズルを開発した。このノズルを用いて研磨効率が劣化したコロイダルスラリーに電界を印加することによってスラリーのゼータ電位の絶対値が大きくなり、研磨効率も11%向上した。

[キーワード：コロイダルシリカスラリー，電界， $\zeta$ 電位]

### Abstract

Authors have developed a novel electric field activation technology which improved the polishing rate of the colloidal silica slurry. In general, the colloidal silica slurry is used in final polishing for semiconductor substrates such as a sapphire wafer and a silicon wafer. It is the colloidal solution which made silica particles of the nanometer size diameter disperse stably. In this study, we have developed the new nozzle which is possible to apply the electric field to slurry in order to enhance the activation of colloidal silica slurry. By using this nozzle, the absolute value of the zeta potential of the silica particles became large, and the polishing rate of silicon wafer improved 11%.

[Key words: Colloidal silica slurry, Electric field, Zeta potential]

### 1. はじめに

今日の高度情報化社会の著しい発展には、メモリやプロセッサなどを超高密度に実装された半導体や、超高記録密度のハードディスク、発光ダイオードなど様々な電子デバイスが寄与している。これらの電子デバイスを実現するための基板として超高品位に仕上げられたシリコン基板やガラス基板、サファイア基板が必要とされている。これらの基板の仕上げ加工では、化学的な作用を援用したポリッシュ加工であるCMP (Chemical Mechanical Polishing)が用いられており、特に最終仕上げにおいてはナノサイズのシリカ粒子をコロイド状に安定分散させたコロイダルシリカスラリーが使用されている。一方、コロイダルシリカスラリーは、循環方式での利用や長期保管などによって、その分散性が損なわれ、最終仕上げ面に必要な品位の低下や、研磨効率の低下を引き起こす。

そこで、本研究は、コロイダルシリカスラリーに電界を印加することによって、シリカ粒子の帯電性を変化させ、分散安定性の向上と、それによって得られる研磨効率の向上する技術を開発することを目的としている。本報告では、図1に示すように、研磨装置にスラリーを供給するノズルに高圧電界を印加する機構を設け、コロイダルシリカスラリーの電界活性化を試みた結果について報告する。

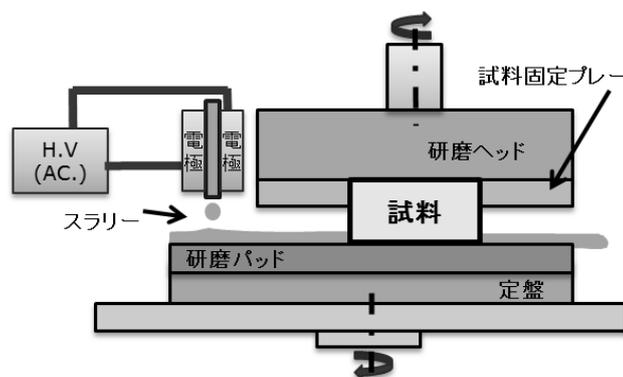


図1 電界活性化スラリーの概要

## 2. 実験方法

### 2. 1 電界活性化ノズルの試作

図2に試作した電界活性化ノズルの概略図を示す。ローラーチュービングポンプで供給されるスラリーの吐出口に図2のような機構を設けた。チューブの外周とチューブ内に電極を配置し、高圧電界を印加する。使用したチューブの内径は $\phi 4.0\text{mm}$ で、電界印加部の全長は $550\text{mm}$ とし、電界活性化ノズルに与える電界は、電界制御装置を用いて発生させた。電界制御装置の構成は、基本信号を発生させるシンセサイザー（アジレント製33120A）で信号を生成し、得られた信号を増幅度2000の高電圧アンプ（トレック製model 20/20B）にて増幅して印加した。この信号の観測には、デジタルオシロスコープ（アジレント製54645A）を使用した。

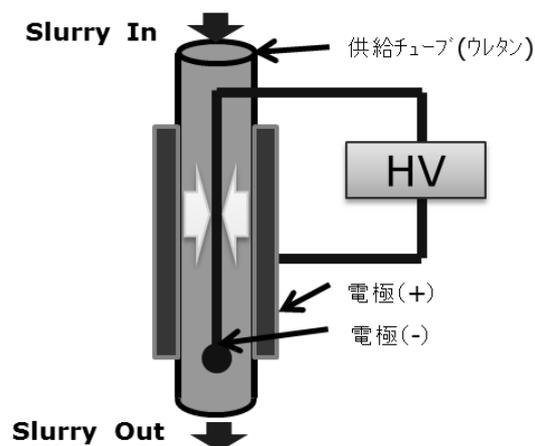


図2 電界活性化ノズル

### 2. 2 コロイダルシリカスラリー

電界活性化実験には、FUJIMI製COMPOL80（平均粒子径 $72.0\text{nm}$ 、 $\text{pH } 10.2$ ）のコロイダルシリカスラリーを用いた。

### 2. 3 コロイダルシリカスラリーのゼータ電位測定

ゼータ電位は分散粒子の表面電荷の状態を反映しているため、この測定をもって粒子の電荷状態をモニターした。測定にはMalvern社製ゼータナノサイザーZSPを用いた。

## 2. 4 研磨実験

研磨装置には片面研磨装置（不二越機械工業製 SLM-140）を用いた。この研磨装置にスラリーを供給するチューブに図2に示す電界活性化ノズルを設置した。研磨装置に取り付けられた電界活性化ノズルの概観を図3に、研磨実験条件を表1に示す。

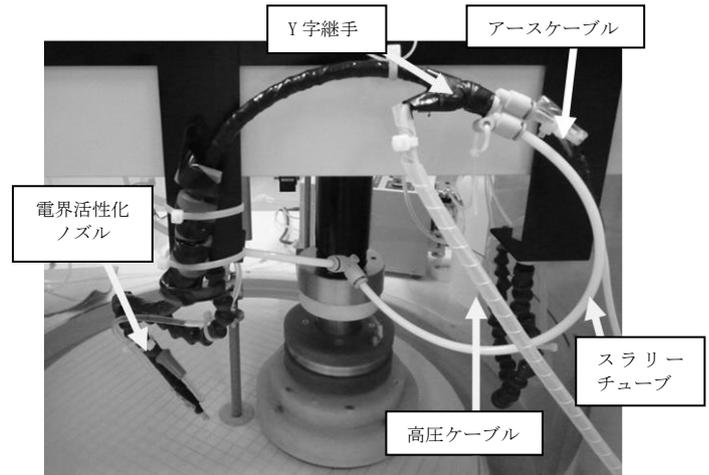


図3 研磨装置に取り付けられた電界印加ノズル概観

表1 電界活性化スラリー研磨実験条件

Slurry	Colloidal silica COMPOL80 (FUJIMI) + water ( 1:2 )	
	Average grain diameter 72nm	
	Supply rate	13ml/min
Workpiece	Silicon substrate φ 2inch, t=0.6mm ×3	
Polishing pad	SUBA800, (NITTA HAAS)	
Polishing machine	Single sided polishing machine SLM-140 (Fujikoshi machinery)	
Polishing pressure	20 kPa	
Polishing time	20 min	
Rotation (upper/lower)	80 min <sup>-1</sup> / 80 min <sup>-1</sup>	
Electric field	Wave form	Square
	Voltage	4.0kV

## 3. 実験結果

### 3. 1 電界活性化ノズルによるスラリーのゼータ電位測定

図4に電界活性化ノズルによって電界を印加したコロイダルシリカスラリーのゼータ電位の周波数依存性測定結果を示す。印加した電圧は4kVの矩形波とした。ゼータ電位は溶媒のpHで変化することが知られているが、電界を印加してもpHに変化が起こっていないことを確認できる。一方、得られたゼータ電位は印加周波数の増加に伴って、絶対値が増大した結果が得られた。

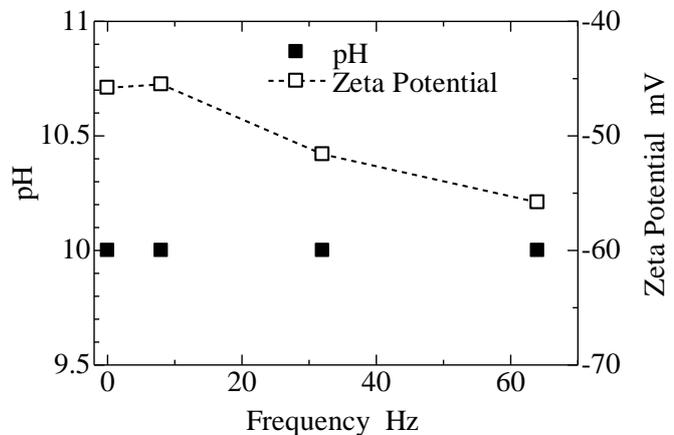


図4 シリカスラリーのゼータ電位の印加周波数依存性

### 3. 2 電界活性化ノズルによる研磨実験

図5に電界活性化ノズルによって電界を印加したスラリーを用いてシリコンウェーハを研磨した結果の周波数依存性を示す。印加周波数の増加に伴って、シリコンウェーハ研磨量は11%向上する結果が得られた。

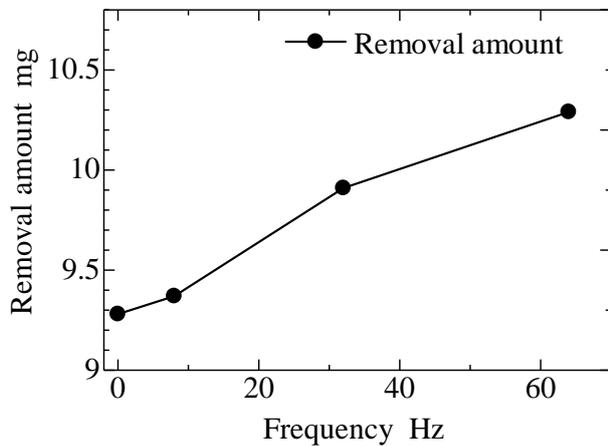


図5 シリコン基板研磨量の印加周波数依存性

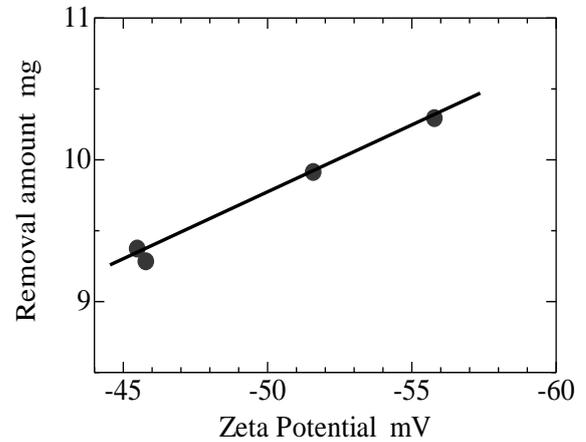


図6 ゼータ電位とシリコン基板研磨量と関係

図4で得られたゼータ電位と図5で得られた研磨量との関係を図6にまとめる。両者に非常によい相関関係が見られる。一般に、重力下のコロイド粒子が安定的に分散するためには、ブラウン運動が十分に働く必要がある。粒子の衝突によって合一が起きた場合、粒子に働く重力は大きくなり、ブラウン運動が弱くなってしまふ。そのため、この分散粒子の合一を妨げる機構の最も重要な因子は粒子間の静電反発である<sup>[1]</sup>。電界印加ノズルによって得られたスラリーは、図4に示されている通りゼータ電位の絶対値が大きくなっていることから、粒子表面の荷電状態が変わっていることがわかる。その結果、得られたスラリーのコロイド状シリカ粒子の分散状態が向上していることが考えられ、図6に示す通り、研磨効率の向上が引き起こされたと考えられる。

## 4. まとめ

研磨スラリーに電界を印加する電界活性化ノズルを試作し、コロイダルシリカスラリーの電界活性化実験を実施した。その結果、シリカ粒子のゼータ電位を変化させ、得られたスラリーによる研磨実験では研磨効率の11%向上効果を得た。

## 文 献

[1] 池田勝一，コロイド化学，1986，裳華房

# 高速・高精度アクチュエータの多軸化技術の開発

ナノメカニカル制御グループ 森 英季, 櫻田 陽, 荒川 亮

## Development of multi-axial technologies for high speed and highly precise actuator

Nano-Mechanical Control Group

Shigeki MORI, Akira SAKURADA, Ryo ARAKAWA

### 抄録

近年, エレクトロニクス分野の急速な進歩発展の背景には, 半導体集積回路等の急速な高密度化がある。それに伴い, ナノメートルオーダーの精度による評価が要求されている。現在, サブ・ナノメートルの空間分解能を有する表面観察装置である走査型プローブ顕微鏡(SPM: Scanning Probe Microscope) は, 適用範囲が広がりナノテクノロジーの分野において重要性が一層高まっている。従来まで用いられてきた SPM の試料ステージでは, 高速性と走査範囲の拡大の両立が難しく, 縦真直の Z 方向の変動が測定結果に影響を及ぼすことが分かっている。そこで, 性能改善のため同一平面を走査する XY ステージ(NMS : Nano-Motion Stage)を提案する。この NMS には, 従来まで研究してきた 1 軸のアクチュエータ (NMA: Nano-Motion Actuator) を直交に配置し, 駆動源には積層型圧電素子(PZT: Piezoelectric element)が用いる。PZT に印加される電圧と変位の関係にはヒステリシスが存在し, 測定試料を等速運動に移動させる場合には, 位置制御が不可欠となる。また, SPM における走査動作を想定し, NMS における走査動作の位置決め精度について研究開発を行った。[キーワード: 積層型圧電素子、アクチュエータ、XY ステージ、精密位置決め、多軸化技術、走査型プローブ顕微鏡、高速応答、縦真直]

### Abstract

A highly precise positioning actuator for a Scanning Probe Microscope (SPM) and a magnetic recording evaluation system has been developed. The positioning actuator call the Nano-Motion Actuator (NMA) that is consisted of a displacement amplifier mechanism and a stacked piezoelectric element. In this paper, we propose a new two dimensional positioning actuator call the Nano-Motion Stage (NMS) that is composed of two pair of piezoelectric actuators, parallel links with square support spring and a positioning stage. Furthermore, the influence of the NMA on the transient response and the out-of-plane moments of the precise positioning stage with a stacked piezoelectric element has been discussed.

[Key words : Stacked piezoelectric element, Actuator, XY Stage, Precise positioning, Multi-axial technology, Scanning probe microscope, High response, Vertical straightness]

### 1. はじめに

2000 年に米国で発表されたナノテクノロジー戦略構想により世界中に広がったナノテクノロジーの研究開発競争は, 多くの関連分野を新たに創出し, 拡大の一途を辿っている。種々の研究開発には, ナノオーダーでの観察や測定を行う装置が, 非常に重要な要素技術となっている。このような表面観察装置では, 走査領域の拡大や高速な走査, 位置決め精度の向上が要求されている。その一つである SPM の XY ステージに

は、円筒型をしており(以下チューブスキャナ) スキャナ自身が緩やかな円弧運動をすることで、探針または試料が移動する。チューブスキャナは、円筒を覆うように圧電素子が配置されており、それに電圧を加えることで伸長・収縮させ、チューブを稼働させる。筒先端での変位量は筒の長さと同加電圧によって決定される。しかし、この方法では走査領域を拡大するためには円筒を長くする必要がある。一方で、走査速度を高速化するためには円筒を短くし移動距離を短くする必要がある。従来では走査領域と走査速度はトレードオフの関係となる。更に、走査する場合は円筒を歪曲させて移動させるため、変位センサと測定対象が同軸に存在できないため高精度な位置決めには不可欠であるアップの原理に従うことができない。そこで、従来まで磁気記録評価用トラッキングアクチュエータとして研究開発を行ってきた PZT と変位拡大機構を組み合わせた NMA の技術を応用して、同一平面上を高速高精度で走査可能な NMS の開発を行った。

## 2. Nano-Motion Stage の機構と特性

Fig.1 にNMSの外観写真、Fig.2はNMS の構造図を示す上面図である。NMS は、中央ステージの隣り合った2辺の中央部には一体となった平行リンクを介し、可動領域100  $\mu\text{m}$ 仕様のNMAを原型とする2つのアクチュエータがX軸とY軸に対応して配置されている。また、一方の対角にステージを支持しながらステージに与圧を与える四角形支持バネが配置されている。同一平面で互いに直交する動作はそれぞれの軸に対してせん断力として働くため、ステージには直線運動と共に回転運動が生じる。しかし、平行リンクが回転力を制御可能な並進運動に変換するので、X軸とY軸のアクチュエータが連成することで回転運動を抑制することが可能となる。ここで、NMAを基本とするアクチュエータ部はPZT (5×10×20 mm [17.4  $\mu\text{m}/150\text{V}$ ], 5×10×10 mm [9.1  $\mu\text{m}/150\text{V}$ ], NEC TOKIN Corp.) と平行バネやてこ機構を組み合わせた変位拡大機構で構成されている。平行バネの外側にてこの機構を配置することで、変位拡大機構と積層型圧電素子が、互いの形状や大きさに制約されない設計となっているため、大きな変位量と高い共振周波数の両立を可能としている。また、NMAは、40 dBに達する鋭い共振ピークを有するが、拘束板(SUS304, 厚さ: 50 mm)と粘弾性体(IVY810改27, 大協技研工業)で構成される減衰機構で抑制した。NMSの変位特性を調べるため、各軸に最大許容電圧(150V)を印加し、最大変位量の測定を行った結果、X軸方向に112.4  $\mu\text{m}$ 、Y軸方向は117.9  $\mu\text{m}$ となることを確認した。次に、NMSのモデル化を行うため、Fig.3にはX軸、Fig.4にはY軸の周波数特性を示す。X 軸方向の共振周波数は3.076 kHz、Y 軸方向は3.327 kHzで、両軸共に2次遅れ要素の周波数特性で表しており、各軸共に著者が提案したモデル化の手法を用いた。式(1)にて共振周波数が一つの2次遅れ要素の制御対象をモデル化し<sup>[1]</sup>、式(2)にて共振周波数の手前にあるゲインの低減部をモデル化し、式(3)は最終的な制御対象のモデル化とする<sup>[2]</sup>。

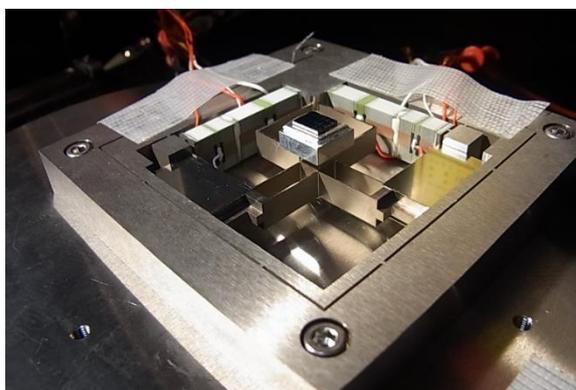


Fig.1 Nano-Motion Stage

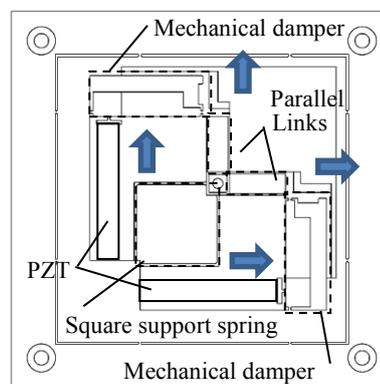


Fig.2 Structure of Nano-Motion Stage

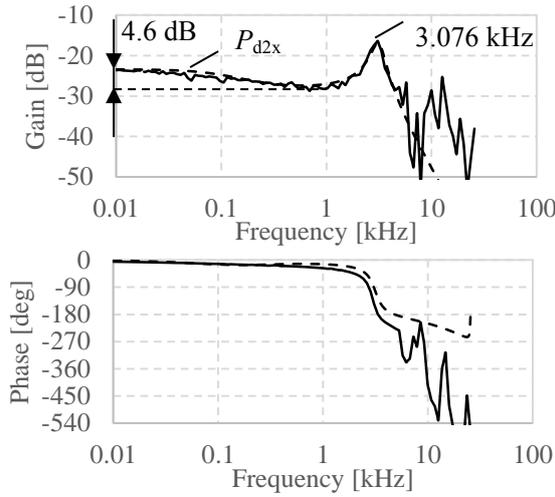


Fig.3 Frequency responses of X-axis direction

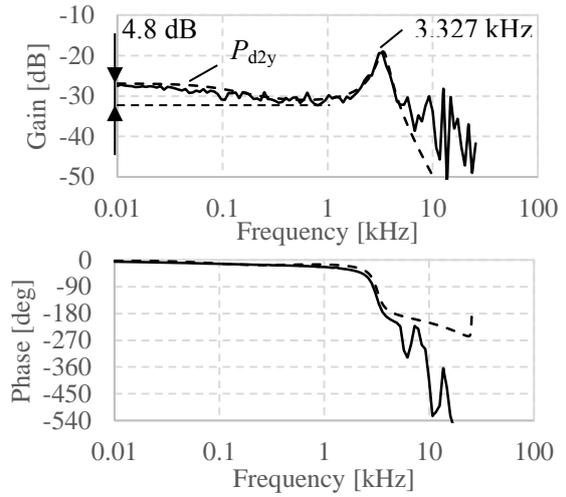


Fig.4 Frequency responses of Y-axis direction

$$P_{xy}(s) = \frac{K_{xy} \omega_{nxy}^2}{s^2 + 2\zeta_{xy} \omega_{nxy} s + \omega_{nxy}^2} \quad (1)$$

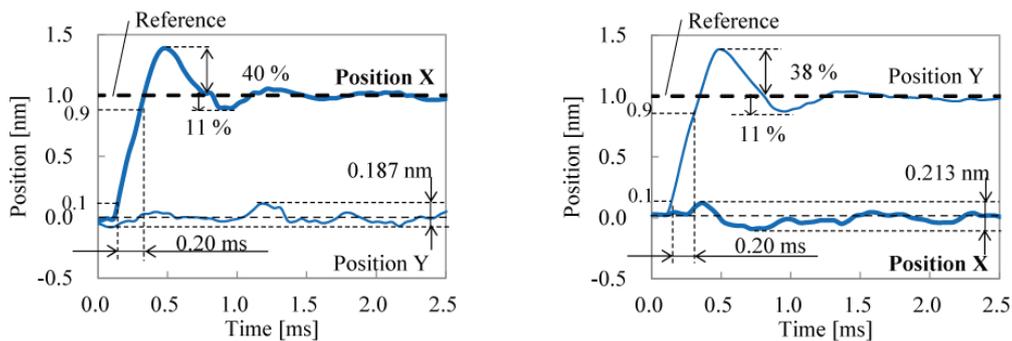
$$D_{2,xy}(s) = \frac{\sqrt{\beta_{xy}}(T_{21xy}s + 1)}{\sqrt{\beta_{xy}}T_{21xy}s + 1} \times \frac{\sqrt{\beta_{xy}}(T_{22xy}s + 1)}{\sqrt{\beta_{xy}}T_{22xy}s + 1} \quad (2)$$

$$P_{d2,xy}(s) = D_{2,xy}(s) \times P_{xy}(s) \quad (3)$$

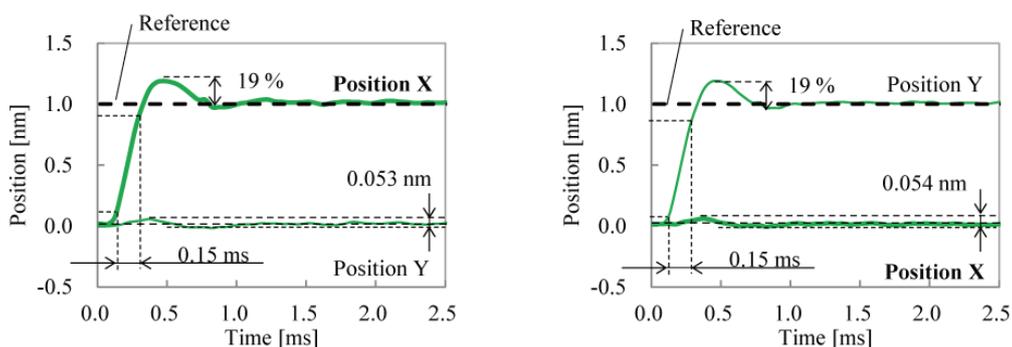
ここで、各パラメータについてX軸は、ゲイン $K_x = 0.0398$ 、減衰係数 $\zeta_x = 0.141$ 、共振周波数 $\omega_{nx} = 3100 \times 2\pi$ 、位相進み補償係数 $\beta_x = 1.7$ 、折れ点周波数 $1/T_{21x} = 60 \times 2\pi$ 、 $1/T_{22x} = 600 \times 2\pi$ 、Y軸は、ゲイン $K_y = 0.0266$ 、減衰係数 $\zeta_y = 0.119$ 、共振周波数 $\omega_{ny} = 3350 \times 2\pi$ 、位相進み補償係数 $\beta_y = 1.7$ 、折れ点周波数 $1/T_{21y} = 60 \times 2\pi$ 、 $1/T_{22y} = 600 \times 2\pi$ とした。Fig.3、Fig.4の点線で示すように測定値に対して合わせ込みを行い、ほぼ正確にモデル化できていることを確認した。コントローラは、不完全微分型PIDコントローラとし、各軸に対し独立で設計した。また、ゲイン交差周波数が100 Hz となるように各パラメータを調整し、コントローラのサンプリング周波数は50 kHzとした。

### 3. 実験結果

前述のコントローラを用いて、Fig.5 に位置決め性能評価としてステップ応答を示す。(a)は式(1)のモデルを制御対象として設計したPIDコントローラの応答、(b)は式(3)の位相補償を適用したコントローラの応答である。また、太線がX方向変位、細線がY方向変位である。目標値の設定は、左側が、X方向に1 nmの変位、Y方向に現在位置に留まるような制御を行い、右側が、Y方向に1 nmの変位、X方向に現在位置に留まるような制御を行った。その結果、ゲインの低減部のモデル化を行った(b)の補償手法が、(a)のPIDコントローラと比較し、立ち上がり時間(目標値変化の10~90%に到達するまでの時間)は同等の性能を保ちながらオーバーシュートを半減させることを確認できた。また、変位させた軸のもう一方の軸の変位の干渉についても同様に、(b)の補償手法がより良い位置決め性能を実現できた。次に測定試料に表面粗さが1 nmのシリコンプレートを用いて、NMSの縦真直の変化をFig.6に示す。図の横軸はX軸方向の変位(100 μm)、縦軸はXYステージのZ軸方向の変位であり、Y軸方向は位置を保持するように制御した。Z方向変位の測定は、



(a) *PID* controller



(b) *PID* with 2<sup>nd</sup> order phase lead controller

Fig.5 Step responses of control systems for NMS

日立ハイテクサイエンスの SPM (L-trace II) を用いた. Fig.6 の Z 方向の最大変位量は 9.456 nm となり, この要因は, 積層型圧電素子のヒステリシスおよび変位を拡大する XY ステージの支持機構に起因するものではないかと考え, 検討を進める.

#### 4. まとめ

同一の XY 平面内において X 軸 Y 軸共に同様の動特性を有し, 高速で高精度な位置決めを可能とする NMS を提案した. 周波数特性のゲイン線図から, モデル化誤差の少ない補償方法を提案し, ステップ応答試験より立ち上がり時間を維持しながら, 従来の *PID* コントローラで発生していたオーバーシュートを半減した. 今後は, SPM の試料ステージに制御手法を適用し, 高速化と高精度化により分析の品質向上の改良を進めていく.

#### 文 献

- [1] 長縄, 平元, 古谷, 渋谷, 森, ナノモーションアクチュエータに対する *PID* 制御器の設計, 日本機械学会論文集 (C 編), 75 巻, 4 号, pp.1770-1776, (2009)
- [2] 櫻田, 坂元, 長縄, 渋谷, 森, ダンパを有する PZT 精密位置決め装置のモデル化と制御, 日本 AEM 学会誌, Vol. 23, No. 1, pp.229-236, (2015)

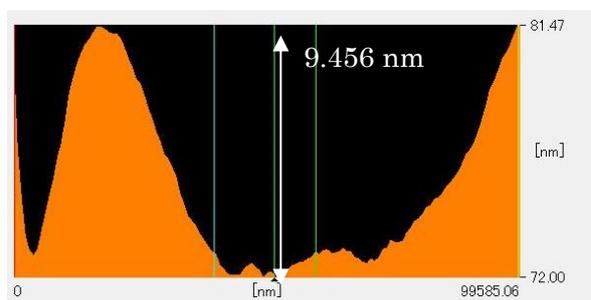


Fig.6 Experimental result for Z axis direction

# 半導体スピndeバイスの基盤技術開発（第5報）

スピン・ナノデバイスグループ 鈴木淑男、神田哲典

## Development of Basic Technology for Semiconductor Spin-Devices [5]

Toshio SUZUKI, Tetsunori KODA

### 抄録

半導体スピndeバイスの基盤技術に関する研究開発を行った。最終年度となる今年度は、理論計算により、スピン注入の高効率化を図る非対称トンネル障壁を提案した。さらに、5年間の研究開発の総括を行った。また、微小磁性体の熱揺らぎを利用する新しいデバイス開発を目指して作製したFe微粒子/Pt積層膜により、磁場変化に伴う電圧変化を検出した。

[キーワード：スピントロニクス、スピン注入、非対称ポテンシャル障壁、スピnpumping]

### Abstract

The research and development of basic technology for semiconductor spin-devices has been carried out. In this annual, we have proposed an idea of asymmetrical potential barriers for achieving a larger spin polarization of the injected current by using the calculation model of tunnel currents. And we summarized the five years projects. On the other hand, Fe-nanoparticles/Pt stacked structure was fabricated, aiming at the development of a new device operating by thermal fluctuation in the nanoscale ferromagnet. The device indicated output voltages responding with magnetic fields.

[Key words: Spintronics, Spin injection, Asymmetrical potential barrier, Spin pumping]

### 1. はじめに

巨大磁気抵抗効果(GMR)の発見と室温トンネル磁気抵抗効果(TMR)の発見に端を発し、スピnエレクトロニクス(別称、スピントロニクス)と呼ばれる研究分野が注目を集めている [1]。産業としても、ハードディスクドライブ用の再生ヘッド、高感度磁気センサー、磁気ランダムアクセスメモリー(MRAM)へと応用範囲を広げ、市場のさらなる成長が期待されている。また、半導体技術における微細化限界や消費エネルギー問題を打破する新現象の宝庫としても期待され、アクティビティの非常に高い分野となっている。

本政策研究は、平成18年度から22年度の間実施したスピnエレクトロニクスデバイス技術の研究開発を半導体分野に展開させるものである。既に、企業と大学との連携により、Siへの室温スピン注入を世界に先駆け成功している [2, 3]。この技術の応用範囲を広げるとともに基盤技術として深化させ、延いては秋田県の産業経済基盤の再構成戦略に貢献することを目指し、研究開発を進めてきた。

今年度はSiスピndeバイスを開発するために必要となる設計理論に関する検討を行い、5年間の研究開発をまとめた。また、微小磁性体の熱揺らぎを利用する新しいスピndeデバイス開発を目指し、膜構造と素子作製の検討を行った。前者については鈴木、後者については神田が検討結果をまとめる。

## 2. Si スピンデバイスの開発

Siにスピンを注入する積層膜として、”Fe or FeCo/MgO/Si基板”構造を検討してきた。従来の理論では、トンネル障壁を用いることにより、強磁性金属から半導体へ高効率のスピン注入が可能とされている [4]。しかしながら、実験で得られるスピン偏極率は低く、その原因は解明されていない。今年度、スピン注入の高効率化を実現するため、ポテンシャル障壁の形状に注目し、その影響を量子力学計算により検討した。

図1に計算に用いたモデルを示す。強磁性層側の界面と非磁性層側の界面のポテンシャル障壁高さ ( $\Phi_F$ 、 $\Phi_N$ ) の影響を考慮できる計算手法を用い、電子の波動関数は平面波で近似した。また、強磁性層に交換分裂を導入することにより、スピン偏極状態をシミュレートした [5]。

図2に3種類のポテンシャル障壁の接合に対する電流( $J_c$ ) - 電圧( $V_b$ )特性を示す。それぞれの電流電圧特性に大きな差が見られないことから、平均の障壁高さがトンネル抵抗を支配している結果といえる。さらに、電流の絶対値は、印加電圧( $V_b$ )に対し概ね対称である。

図3にスピン蓄積電圧( $\Delta V_s$ )の注入電流( $J_c$ )依存性を示す。図2の電流電圧特性と異なり、注入電流に対しスピン蓄積電圧は非対称性を示す。つまり、印加電圧の極性に対して電気抵抗は対称であっても、スピン抵抗は非対称となる。これは、スピン流の生成メカニズムが正バイアス (スピン注入) 領域と負バイアス (スピン抽出) 領域で異なることを意味する。さらに、正バイアス領域において、ポテンシャル障壁の非対称性により蓄積電圧に差が生じている。つまり、強磁性層側の障壁高さを高くした場合、蓄積電圧が大きくなる。これは、トンネル障壁における運動量のフィルタリング効果により理解される。よって、強磁性体/絶縁体/非磁性体の接合の場合、強磁性層側の障壁高さをより高くする設計ができれば、スピン注入の高効率化が可能となる。逆に、強磁性層側の障壁高さを低くする要因がある場合、注入される電流のスピン偏極率は低下することになる [5]。

以下、5年間の政策研究の総括を行う。本研究で検討した主な技術は次の通りである。

### ①積層膜作製技術

1-1. Si(100)基板表面の清浄化技術 [6]、1-2. MgO/Si(100)エピタキシャル積層技術(整合配列) [7]、1-3. SOI基板作製とイオン打ち込み [8]

### ②スピン注入の高効率化技術

2-1. 設計理論と積層膜の開発指針の提案、2-2. 新しい積層膜の提案・開発、2-3. 素子作製プロセス技術

### ③評価技術

3-1. 表面ポテンシャル計測技術 [6]、3-2. スピン注入特性評価技術

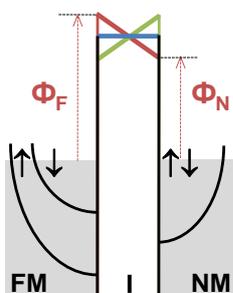


図 1. モデル。(a)  $\Phi_F/\Phi_N=7/5$ , (b)  $\Phi_F/\Phi_N=6/6$ , (c)  $\Phi_F/\Phi_N=5/7$

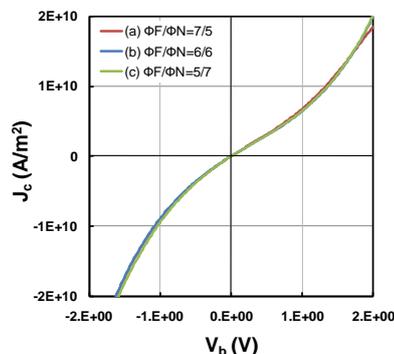


図 2. 図 1 の(a)(b)(c)に対する電流( $J_c$ ) - 電圧( $V_b$ )特性

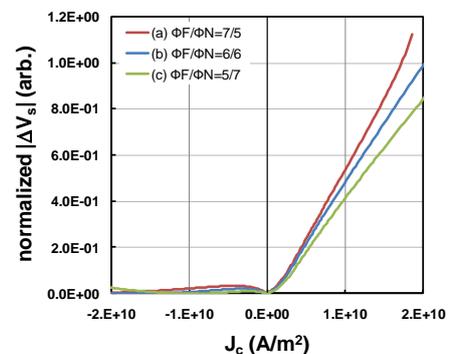


図 3. 図 1 の(a)(b)(c)に対するスピン蓄積電圧( $\Delta V_s$ )特性

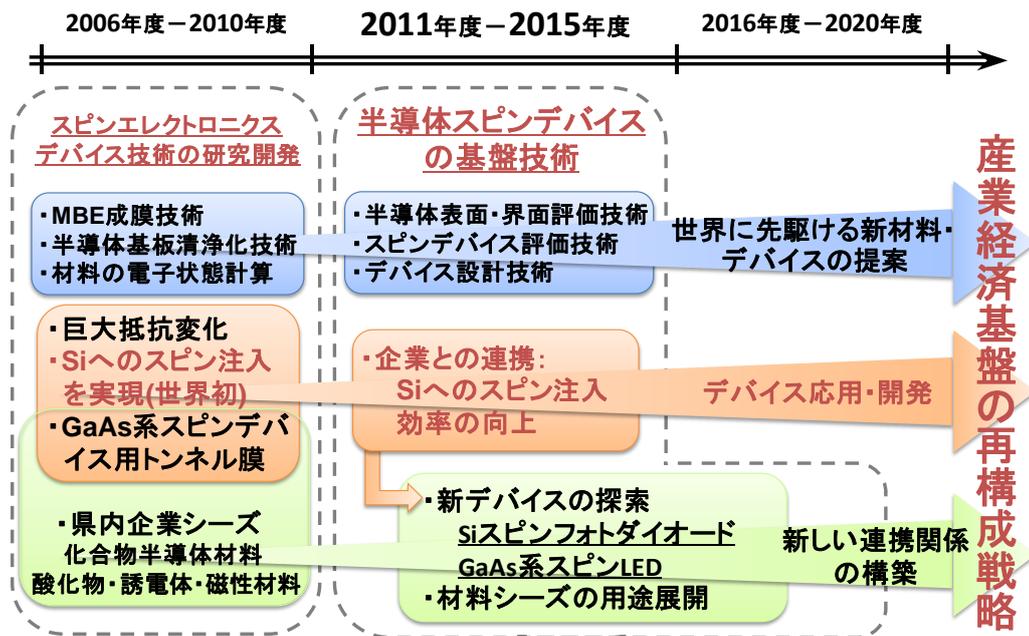


図4. 本政策研究におけるテーマのフレームワーク [9]

今年度検討した量子力学計算による設計モデルからスピン偏極率を低下させる要因の一つが明らかになり、特性向上のための指針を示すことができた。この指針に基づき、現在、前述の2-2、2-3および3-2の検討を行っている。今後、スピン注入の高効率化の実証へとつなげていきたいと考える。

図4は本政策研究で掲げたテーマのフレームワークである [9]。これまでにスピンドバイスの研究開発に必要な基盤技術、理論計算ツールを構築してきた。今後、これらの技術を用い、Siへのスピン注入の高効率化を実証し、企業との連携により実用化技術へと発展させていきたい。さらに、本政策研究での経験・知見を活かし、県内企業との新しい連携関係を構築し、秋田の産業経済基盤の再構成に貢献したいと考える。

### 3. 微小磁性体の熱揺らぎを利用したスピン注入の検討

昨年度から微小磁性体の熱揺らぎを利用したスピン注入の検討を開始した。強磁性体と非磁性金属が接合した系において、熱揺らぎによって誘起される磁化の歳差運動はスピンプンピング[1]により非磁性体中にスピン流を生成する。スピン流は逆スピホール効果を通じて電流に変換可能 [2] であるため、低消費電力磁気センサーや発電素子等のデバイス展開が期待される。本研究の内容はこれまで報告例の無い新規手法であるため、その動作原理の検証を今年度実施した。

非磁性層中のスピン流は非磁性層中のスピン蓄積分布によって形成される。スピン蓄積分布は非磁性層の膜厚や微小磁性体のサイズ・間隔によって大きく変わる。電子線リソグラフィ等の微細加工プロセスでは微小磁性体の間隔を詰めることが難しいため、非磁性層内にスピン蓄積の無い領域が形成され、スピン流-電流変換がスムーズに行われず。そこで、薄膜プロセスを利用し

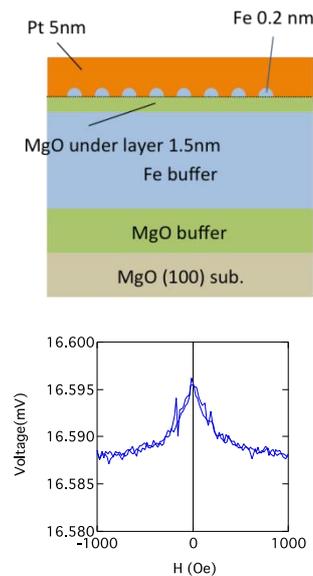


図5. 微小磁性体試料の膜構造及び磁気抵抗特性

て下地膜上に nm サイズの微粒子磁性体が高密度に成長するボトムアップ手法を用いた試料の作製とその特性評価を実施した。

図 5 に作製試料の膜構造とその磁気抵抗効果測定の結果を示す。試料は格子整合性の良い MgO 下地膜上に Fe を成長させた構造となっている。各バッファ層は表面平滑性を上げる為に適切な温度で成膜後に熱処理を施している。本研究では逆スピンホール効果を利用してスピン流-電流変換を行うため、この変換効率の高い Pt 薄膜を Fe 微粒子上に成長させた。試料作製中に RHEED

により各層成長後の表面状態を観測し、MgO 層上に Fe が微粒子上に成長することを示唆するスポット状の回折パターンを確認している。実際、作製した試料からトンネル磁気抵抗素子を作製した評価した結果、微小磁性体の超常磁性に起因する特徴的な磁気抵抗効果が観測されており、今回作製した試料において実際に Fe 微粒子が成長していることが確認された。

この試料からフォトリソグラフィと Ar ミリングを組み合わせた微細加工プロセスにより、評価素子を作製した (図 6)。素子構造は長さ 1mm 幅 50 $\mu$ m の細長い Fe 微粒子/Pt 積層膜バーを直列につなぎ合わせた構造とした。作製した素子において素子端部の電圧を測定したところ、磁場変化に伴う再現性のある電圧変化を検出した。この信号変化が上述のスピンポンピングに起因する信号か現在のところ結論はでていないため、来年度も引き続き、系統的な膜構造変化及び素子構造依存性を評価し、動作原理の検証を行う。

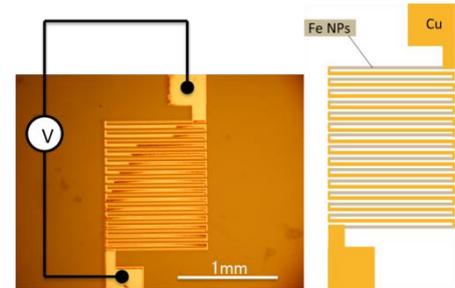


図 6. 特性評価素子の光顕像及び模式図

## 文 献

- [1] [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2007/](http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2007/), The 2007 Nobel Prize in Physics goes to Albert Fert and Peter Grünberg “for the discovery of giant magnetoresistance”.
- [2] T. Suzuki, T. Sasaki, T. Oikawa, M. Shiraishi, Y. Suzuki, and K. Noguchi, “Room-Temperature Electron Spin Transport in a Highly Doped Si Channel”, Appl. Phys. Express, 4 (2011) 023003.
- [3] 秋田魁新報, “電子「スピン」の情報伝達, 世界初常温でも実証. 県産総研や TDK, 阪大”, 第 1 面, 2011 年 3 月 11 日.
- [4] A. Fert and H. Jaffres, “Conditions for efficient spin injection from a ferromagnetic metal into a semiconductor”, Phys. Rev. B, 64, (2001) 184420.
- [5] T. Suzuki, “Effects of Asymmetrical potential barriers on Spin Injection into Nonmagnet”, 第 63 回応用物理学会春季学術講演会予稿集 2016, 19p-P1-30.
- [6] 秋田県産業技術センター業務報告 2012, pp. 86-89, 半導体スピンドバイスの基盤技術開発(第 2 報).
- [7] 秋田県産業技術センター業務報告 2013, pp. 90-93, 半導体スピンドバイスの基盤技術開発(第 3 報).
- [8] 秋田県産業技術センター業務報告 2014, pp. 92-95, 半導体スピンドバイスの基盤技術開発(第 4 報).
- [9] 秋田県産業技術センター業務報告 2011, pp. 83-86, 半導体スピンドバイスの基盤技術開発(第 1 報).
- [10] S. Mizukami, Y. Ando, and T. Miyazaki, “Effect of spin diffusion on Gilbert damping for a very thin permalloy layer in Cu/permalloy/Cu/Pt films”, Phys. Rev. B, 66, (2002) 104431.
- [11] E. Saitoh, M. Ueda, H. Miyajima and G. Tatara, “Conversion of spin current into charge current at room temperature: Inverse spin-hall effect”, Appl. Phys. Lett., 88, (2006) 182509.

# 液晶マイクロレンズアレイによる配光制御デバイスの開発（第3報）

オプトエレクトロニクスグループ 梁瀬 智、内田 勝、王 濱  
スピン・ナノデバイスグループ 近藤祐治

## Development of a light distribution control device using liquid crystal (3)

Satoshi YANASE, Masaru UCHIDA, Bin WANG

Yuji KONDO

### 抄録

液晶マイクロレンズについてセル積層と逆位相駆動により光拡散効果の増大を図った。透過光の半値角がLED単体の $\pm 6$ 度から $\pm 20$ 度に増加することが確認できた。またスリット電極による液晶偏向デバイスでは、電極間への抵抗層の設置と2層積層および駆動方式の見直しにより、偏向角が従来の7度から26度へ増加した。一方、液晶レンズの電圧除去時の回復特性について温度依存性を評価した。80度では室温より2.1倍の速度になることがわかった。また実用的なレンズ変化を想定すると100ms以下での高速駆動が実現可能であることもわかった。

[キーワード：液晶、マイクロレンズ、シリンドリカルレンズ、光拡散、光偏向、高速駆動]

### Abstract

The LC microlens array (MLA) cell was stacked and be driven by the reversal phase voltages. Then a light diffusion effect of the LC-MLA has been improved. Radiation angle of a LED lamp was increased from  $\pm 6$  degree to  $\pm 20$  degree without and with the LC-MLA. The LC cylindrical lens array (CLA) with slit-electrodes for a light deflection device has been reached 26 degree of deflection angle by using the electrode structure with the resistive layer, the driving condition with reversal phase voltage and stacked cell structure. Temperature dependence of turn-off switching property for the LC lens was also studied. The turn-off speed was increased with increasing the temperature. It seems to be realized under 100 ms of the turn-off switching time of the LC lens at 80 °C.

[Key words: liquid crystal, microlens, cylindrical, light diffusion, light deflection, switching]

### 1. はじめに

当センターで取り組んでいる液晶光学デバイスは、電気光学素子である光学結晶に比べて屈折率の変化が一桁程度大きいという特徴を有している。そのため低電圧での駆動が求められる携帯機器やウェアラブルデバイスでの応用が期待されている。“液晶レンズ（以下 LC レンズ）”は、機械的な可動部がなく連続的な焦点変化を実現した秋田発の技術である。近年、駆動電圧が3Vrms程まで低減され小型撮像デバイスへの搭載を目指した開発が行われている[1]。また、レンズ径が数百ミクロン以下の“液晶マイクロレンズ(以降 LC-MLA)”やスリットパターン電極を用いた“液晶シリンドリカルレンズ(以降 LC-CLA)”に関しても、様々な応用を目指した提案と実証が行われている[2,3]。当センターでも、LC-MLA や LC-CLA など小さな LC レンズの可変効果を照明制御に応用する検討を進めてきた[4-6]。

本年度は次の3つの内容を報告する。(1) LC-MLAによる光拡散効果の増大を図り、LEDを光源とした角度依存性の変化を評価した。(2) LC-CLAをモディファイした液晶偏向デバイスを構築して、LED照明装置を光源にした偏向デモを行った結果を示す。(3)最後にLCレンズの応答特性の改善として、電圧除去時での回復特性に関する周囲温度の効果について述べる。

**2. LC-MLAの光拡散の効果増大** 昨年度までの検討では、ビーム光の拡大効果や、三色LEDの混色の評価を行ってきた。拡散板としての用途を想定した場合、20~30度の拡散角が必要と想像されるが、これまでの検討結果では8度弱とまだ十分な変化とは言えない状況であった[4]。今年度は、セルの積層と駆動条件の最適化によって光拡散の効果増大を図った。また光拡散の評価として、砲弾型LEDを光源としてLC-MLAと組み合わせ、その角度依存性を比較した[7]。

作製したLC-MLAの構造を図1に示す。両面にITO膜を持つガラス基板(厚み300 $\mu\text{m}$ )を用い、一方の電極面のITO膜をフォトリソによりパターンニングした。

75 $\mu\text{m}$ 径の円形開口パターンを100 $\mu\text{m}$ ピッチの六方格子状に配置とした。対向電極には平板のITO電極基板を用い、セルギャップを50 $\mu\text{m}$ として高 $\Delta n$ の液晶材料を注入してセルを作製した。まず種々の駆動条件による干渉縞の比較・観察を行った(図2)。一般的に2電圧駆動を行うLCレンズでは、V1とV2は同位相に設定することで、印加電圧のバランスによって焦点距離を可変しているが、径の大きなLCレンズでの検討では逆位相で駆動すると非対称な配向分布を生じてしまい、レンズとして適していなかった。今回のLC-MLAは、

第3電極(V2)を平板電極とした構造であり、またパターン径も小さいことから、逆位相駆動が電位分布を急峻にする効果が期待できる。V1=2.5VでV2を増加すると、同位相では干渉縞が減っていく様子が図2からわかる。一方で逆位相ではV2増加によって干渉縞が増えている。これらのことから、逆位相駆動ではより大きなレンズパワー、すなわち大きな光拡散効果が得られると推定される。

光拡散効果の評価法として、LED光源の角度依存性の変化を評価した。砲弾型の白色LEDのレンズ部にLC-MLAを密着させ、回転ステージに載せた。光軸上の光源の輝度値を色彩輝

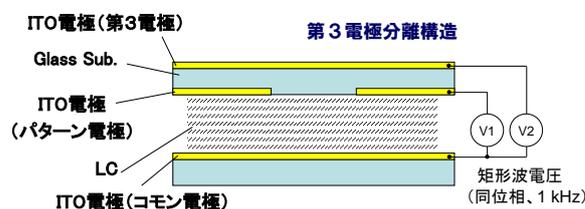


図1 LC-MLAの構造

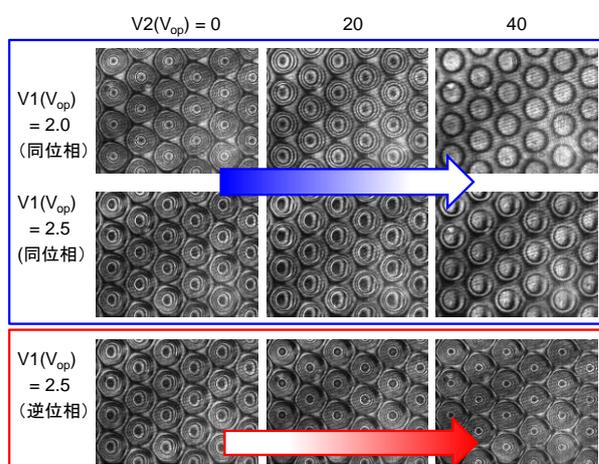


図2 駆動条件による干渉縞の変化

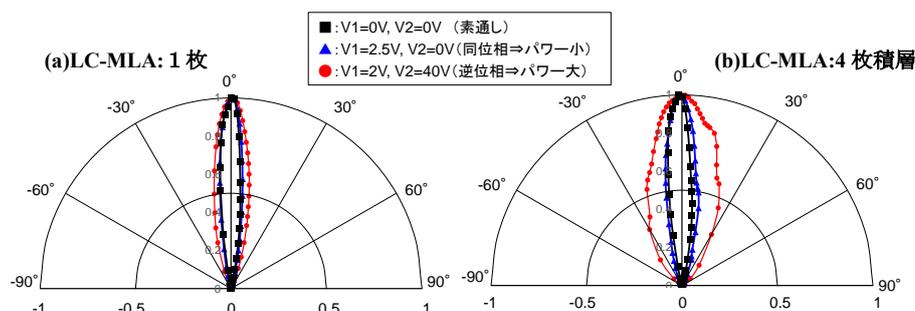


図3 LC-MLAによるLED光源の角度依存性(拡散効果の変化)

度計で評価した。回転角に対する輝度値の変化を角度依存性として図3に示した。(a)LC-MLA: 1枚に対して(b)4枚積層では、半値角が広がっていることがわかる。またLC-MLAを駆動しないLEDのみでの±6度の半値角が逆位相駆動では±20度まで広がっていて、その効果が明瞭であった。LC-MLAによる光拡散の切替が目視でもわかるレベルになっている。今後、機能デモを作製して、ニーズ発掘を行っていく予定である。

### 3. LC-CLA による光偏向デモの構築

液晶偏向デバイスは、LC-CLA への印加電圧の制御により屈折率勾配を形成するものである。昨年度までの検討では、微小ビーム光を偏向する様子を捉えたが、その角度は7度程度と十分ではなかった[5,6]。今回は偏向角の増大を図って、電極間に抵抗膜を設置して均等な電位勾配を形成した。また逆位相駆動も実施した[8]。

図4に抵抗膜付きのLC-CLAの構造を示す。電極 $V_A$ と $V_B$ の開口部にのみ高抵抗膜が設置されている。スリット開口 $100\ \mu\text{m}$ 、ピッチ $130\ \mu\text{m}$ 、液晶厚 $80\ \mu\text{m}$ とした。このセルの干渉縞観察から得られた光学位相差分布を図5に示す。(a)は電極間に抵抗膜がない従来電極タイプの位相差特性、(b)は新規電極構造での同位相駆動の特性、(c)が逆位相駆動の特性である。(b)では勾配が形成される幅が広がり、(c)ではより急峻な勾配が形成されていることがわかった。この条件における微小ビーム光の偏向角の評価結果は13度程度だった。

この電極構造のセルを2枚積層したデバイスを作製し、LED照明の光を偏向・拡散するデモを行った。 $V_A-V_B$ 間に印加する電圧の方向を同じにすれば偏向、逆にすれば拡散として機能する様に、スリット電極を2ゾーンに分けて配置した。2枚積層により偏向角が2倍の約26度、拡散では±26度の広がりが確認できた。図6にLC-MLAがOFF状態(素通し)とON(拡散状態)の透過光の観察写真を示す。OFFではLED光源のスポット光が見えているが、ONでは一方向に広がった光の帯が確認できた。この偏向デバイスについても企業向けに機能デモ装置を準備したので、用途開拓を行っていく予定である。

### 4. LC レンズの電圧除去時の回復応答特性の改善

LC レンズ的应用において応答性の改善が大きな課題である。これまでにオーバードライブ法(以下OD法)による高速化とその効果を評価するための光学位相差の変化を示す干渉縞の観察やテストチャートの撮像によるMTF特性の評価を実施している。そこでは3,000コマ/秒の高速カメラで取得した画像を解析するこ

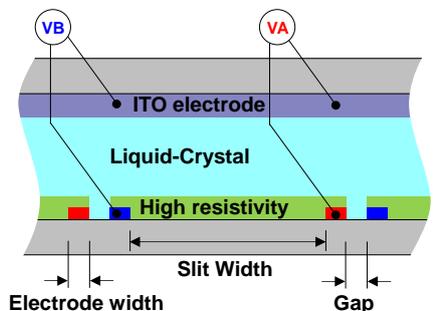


図4 LC-CLAの構造の模式図

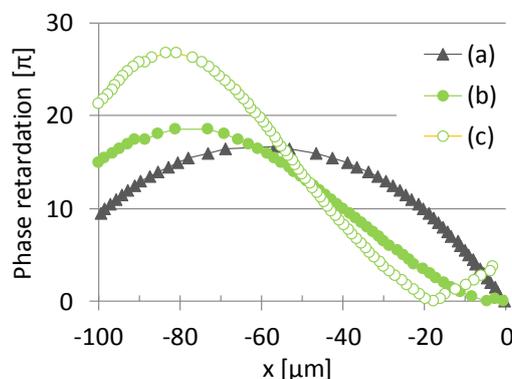


図5 駆動法による光学位相差分布の違い

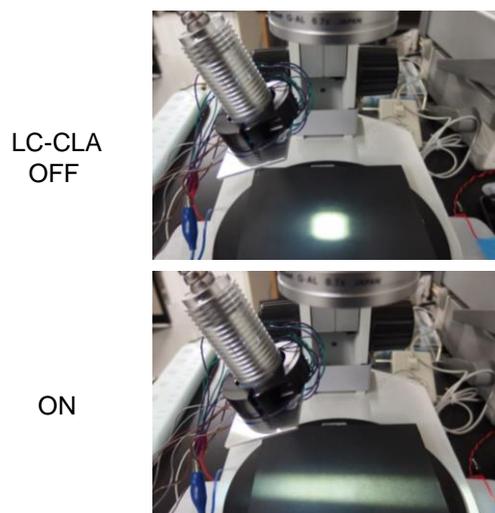


図6 LC-CLAによる光拡散の例

とによってレンズ特性と応答性の関係を評価してきた。その検討結果、OD 法において駆動時間をミリ秒レベルで制御することで、定常駆動に非常に近い位相差分布が実現でき、駆動時間も 30ms 程度と比較的高速であることを実証している[9]。OD 法では液晶分子を電界の力で急激に動かしているの、応答が高速化すること自体は想定通りであった。一方、液晶分子が電界で立ち上がった状態から基板に平行な方向に戻る際は電界の力が利用できず、液晶分子間の弾性エネルギーのみでの応答特性になる。そこで電圧除去時の液晶レンズの回復特性を改善する方法として、液晶の回転粘性の温度依存性の利用を試みた。温度が高い程、応答特性に関わる物性値である回転粘性もより低下し、応答時間も短くなると期待される。

回復特性の評価として、まず図7に示す様な温度調節ユニットに液晶レンズを設置した。150 Vrms の電圧印加を初期状態として、0 Vrms に切り替えた時（電圧除去）

に生じる干涉縞を高速カメラで観察して、そのコントラストの変化から干涉の次数  $N$  の時間変化を求めた(図8)。温度に関わらず  $N=5.5$  での変化速度が最大となった。より高い温度では速度も早くなるが、80°C程で飽和する傾向であることもわかった。また 80°Cでの速度は室温の約 2.1 倍であった。

昨年度までの高圧パルス法による検討で得られたレンズ駆動の条件では、レンズ中心が  $N\sim 11.5$ 、レンズ端で  $N\sim 8.0$  の次数分布であった。そこでレンズ端の次数を 8.0 から 11.5 へ変化する場合を仮定すると、上記の回復特性の結果から、変化に要する時間は 85 msec と見積もられた。レンズ中央の液晶分子配向角を固定して周囲の液晶分子を駆動する方法が実現できれば、100 msec 以下の回復特性を持つ高速駆動が可能となることがわかった。適用可能な分野を模索していく。

## 文 献

- [1] M.Ye, B.Wang, M. Uchida, S.Yanase, S. Takahashi, M. Yamaguchi and S. Sato: Jpn. J. Appl. Phys. 49, 100204 (2010).
- [2] Z. He, T. Nose and S. Sato: Jpn. J. Appl. Phys. 33, 1091 (1994).
- [3] 梁瀬, 内田, 葉, 王, 高橋, 佐藤: 第 60 回応用物理学会春季学術講演会予稿集, 30a-PA1-2 (2013).
- [4] 梁瀬, 内田, 葉, 王: 2013 年日本液晶学会討論会予稿集, PB22 (2013).
- [5] 内田, 梁瀬, 王: 第 61 回応用物理学会春季学術講演会予稿集, 18p-PA10-2 (2014).
- [6] 内田, 梁瀬, 王: 第 62 回応用物理学会春季学術講演会予稿集, 13p-P15-5 (2015).
- [7] 梁瀬, 内田, 王: 第 63 回応用物理学会春季学術講演会予稿集, 22a-P2-1 (2016).
- [8] 内田, 梁瀬, 王: 第 63 回応用物理学会春季学術講演会予稿集, 19a-P3-26 (2016).
- [9] 近藤, 王, 石井, 梁瀬, 高橋: 第 62 回応用物理学会春季学術講演会予稿集, 13p-P15-12 (2015).

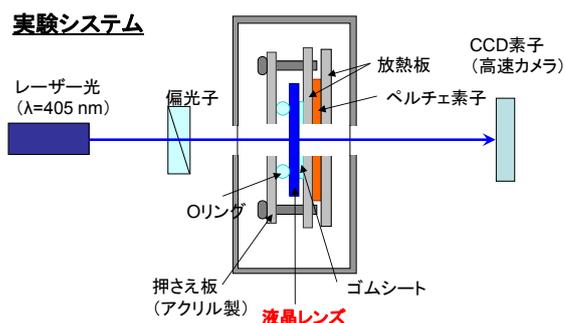


図7 温度依存性評価の実験システム概要

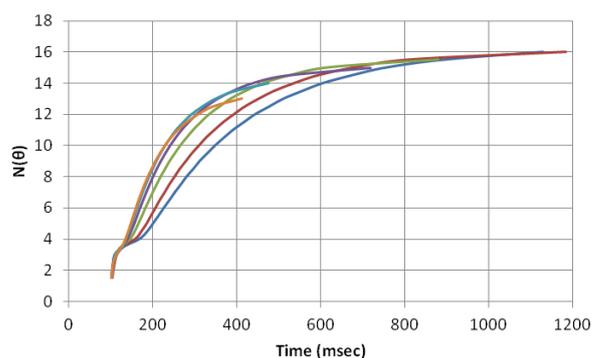


図8 干涉縞次数の時間変化の様子

# 超臨界発泡成形による長炭素繊維補強プラスチックの 次世代輸送機への適用に関する研究（第4報）

複合材料グループ 木村光彦、工藤 素、藤嶋 基、野辺理恵

## Study on Application of Next Generation Transport of Long-Carbon-Fiber Reinforced Plastic on Microcellular Injection Molding [4]

Composite Material Technology Development Group

Mitsuhiko KIMURA, Makoto KUDO, Motoi FUJISHIMA, Rie NOBE

### 抄録

超臨界発泡射出成形は、超臨界状態の高圧ガス（超臨界流体）を樹脂に溶解させ、微細な発泡成形品が得られる。これにより、軽量化、寸法安定性、形状安定性が向上されるが、力学特性、外観性の低下が課題となっている。そこで本報では、発泡による軽量化、繊維補強による力学特性の向上、および急加熱急冷却法による外観性の向上について、ガラス繊維強化ポリプロピレンを用いて検討した。その結果、ポリプロピレン未発泡体と比較して軽量化しながら同等以上の強度が得られた。また、急加熱急冷却成形によって平滑面を得ることができた。

[キーワード：超臨界発泡射出成形、繊維強化プラスチック、急加熱急冷却、軽量化率、力学特性、外観性]

### Abstract

Microcellular injection molding uses high pressure gas in supercritical state as a foaming agent. Thus, it improves characteristics such as light weight, dimensional and morphological stability. However, there are also problems about mechanical properties and appearance. In this paper, we investigated the lightening and the improvement of mechanical properties by microcellular injection molding, using glass-fiber reinforced polypropylene (GFPP). Furthermore, the effect of rapid heating and cooling on appearance was studied. As a result, microcellular injected GFPP was lighter and stronger than neat PP. In addition, the swirl mark disappeared by rapid heating and cooling.

[Key words: microcellular injection molding, fiber reinforced plastic, rapid heating and cooling, weight reduction rate, mechanical properties, appearance]

### 1. はじめに

昨今の地球温暖化に向けた CO<sub>2</sub> 削減対策や原油価格の高騰により、燃費向上は大幅な改善が必要とされている。自動車の燃費向上技術に限らずエネルギー効率を改善するためには、構成部材の軽量化技術は重要な研究課題と考える。軽量化によって得られる省燃費効果は、エンジンの効率改善、あるいは次世代自動車 HV/PHV/EV におけるモーターロス低減などに大きな効果が期待される。

炭素繊維強化プラスチック (CFRP) は比強度や比剛性が高く、軽量化が可能となることから航空機や自動車等への利用が拡大してきている。しかし、一般的にエポキシ樹脂系等の熱硬化性プラスチックの硬化・成形時間が長く、自動車部材用途のような量産性を求められる部材に使用することは難しいことが課題となっ

ている。一方、熱可塑性プラスチックは多様性、易成形性、軽量性等の優れた特徴を持ち、自動車部材に広く利用されている。車体重量に占めるプラスチックの比率は1980年代には5%であったが、年々使用率が高まり、現在では10%程度と言われ、ポリプロピレンの需要が最も高い<sup>[1]</sup>。今後、新たな部材として利用拡大を図るためには軽量化、力学特性、電気的特性、耐熱性等の付加価値をより高めることが必要と考える。

熱可塑性プラスチックの成形加工技術の一つである超臨界発泡成形法は、超臨界状態のガス（超臨界流体 SCF：Supercritical fluid）を樹脂に溶解させ微細な発泡を有する成形品が得られる。これにより、軽量化、寸法安定性、成形安定性が向上できるが、力学特性や外観性の低下が課題となっている。力学特性改善のため、一般的にはガラス繊維や炭素繊維（チョップドファイバー）を用いて補強している。この繊維が長いほどその補強効果は高いが、射出成形時に繊維は切断されるため繊維長を保持した成形品を得ることが難しいことも課題となっている。

そこで本研究では、量産性に優れた射出成形技術の向上を目的に超臨界発泡成形法と繊維補強による軽量化・高強度化となるプラスチック成形加工技術の確立を図り、さらに CFRP 成形部材と複合化（熱可塑性プラスチック材料／CFRP・ハイブリット複合化）した次世代自動車へ適応する補強部材の複合化技術開発を行う。本報では、ガラス繊維強化ポリプロピレンの超臨界発泡射出成形への適応について調査した。また、発泡成形の課題である外観性の向上についても検討した。

## 2. 実験方法

### 2. 1 超臨界発泡射出成形機および高転写成形用急加熱急冷却システム

超臨界発泡射出成形機は、射出成形機と超臨界流体発生・制御システムで構成されている。射出成形機は日精樹脂工業（株）製 電動射出成形機「NEX-III型（型締め力180t）」、超臨界流体発生・制御システムはTrexel社製 「MuCell（SCF Delivery System SII-TRJ-10A型）」である。

高転写成形用急加熱急冷却システムは金型内に設置した細管シースヒーターで急加熱を行い、電磁弁切替によって冷却水を循環させて急冷却を行うシステムである。昇温速度は5～10°C/secで、金型製品部の表面温度を300°C以上に昇温可能である。成形品の寸法は280[mm]×80[mm]×t4[mm]の平板形状であり、中心部の80[mm]×80[mm]を急加熱急冷却できる。成形品の両端側2点ダイレクトゲート方式でホットランナーシステム（世紀（株）製 S-2000）を使用している。

### 2. 2 試験片作製および評価

材料は繊維含有量30wt.%のガラス繊維強化ポリプロピレン（以下GFPP、（株）プライムポリマー製、プライムポリプロ E7000）とし、比較のためポリプロピレン（以下PP、日本ポリプロ（株）製、ノバテックPP MA3）の成形も行った。超臨界発泡射出成形はGFPPで行い、SCFは窒素、注入量は0.5wt.%とした。射出速度と急加熱温度を変化させて成形した。以下、射出速度はV、金型温度はTm、急加熱温度はThと標記する。

成形体は電子天秤（ザルトリウス社製 MSA524S-000-DU）を用いて重量測定を行い、未発泡PPと比較した軽量化率を算出した。光沢度はハンディ型光沢計（日本電色工業（株）製 PG-1）を用い、流動方向（MD）と流動方法に対して直角方向（TD）の60度鏡面光沢度（Gs(60°)）を測定した。成形体を長さ175mm、幅10mmに切り出し、万能材料試験機（インストロン社製 5967型）を用いて引張試験および曲げ試験を行った。また、衝撃試験は成形体を長さ80mm、幅10mmに切り出し、ノッチ加工した後にシャルピー衝撃試験機（（株）上島製作所製 JIS型U-F）を用いた。表面観察は電界放射走査型電子顕微鏡（日立ハイテック（株）製 FE-SEM

S-4500) にて行った。

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 軽量化率

図1に軽量化率と急加熱温度の関係を示す。Tm=60°C 一定の場合には5%程度であったが急加熱急冷却を行うとわずかに上昇し、Th=100°C およびTh=120°C では5.5~6.0%となり、Th=140°C の場合が最も大きく7.0~7.7%となった。このように、急加熱急冷却を行うことで軽量化率は上昇し、急加熱温度が高い程顕著である。

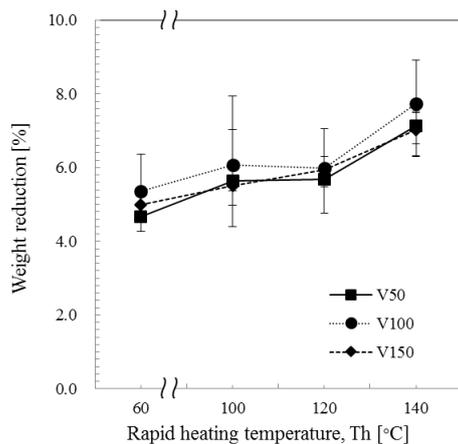


図1 軽量化率と急加熱温度

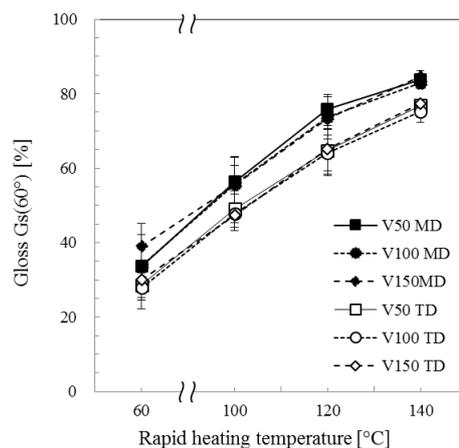


図2 光沢度と急加熱温度

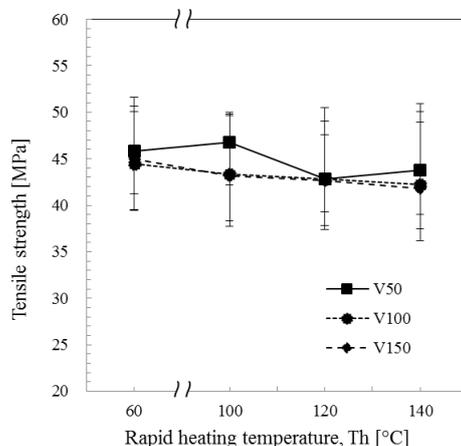


図3 引張強さと急加熱温度

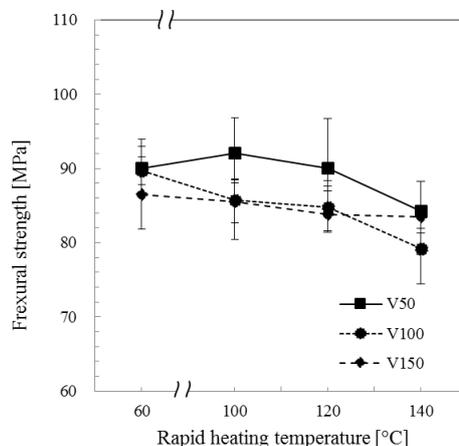


図4 曲げ強さと急加熱温度

#### 3.2 光沢度

図2にGs(60°)と急加熱温度の関係を示す。

MDの場合、Tm=60°C一定で光沢度は30%程度であったが、急加熱温度が高い程光沢度は上昇し、100°Cで約55%、120°Cで約75%、140°Cでは約80%となった。また、未発泡体の光沢度は60~70%程度であり、Thが120°C以上の場合、未発泡体と同等以上の光沢を得ることができた。TDにおいてもMDと同様の傾向であるが、MDと比較して光沢度は低かった。

#### 3.3 力学特性

発泡GFPPは未発泡に比較して30%程度引張強度が低下する。図3に引張強さと急加熱温度の関係を示す。発泡GFPPの引張強さは、未発泡PPより20%程度以上高い値を示し、Tm=60°C一定と比較して、Th=100°Cの場合には引張強さがわずかに上昇する条件もあったが、Th=120°CおよびTh=140°Cの場合は低下する傾向を示した。その際、射出速度の影響は小さかった。

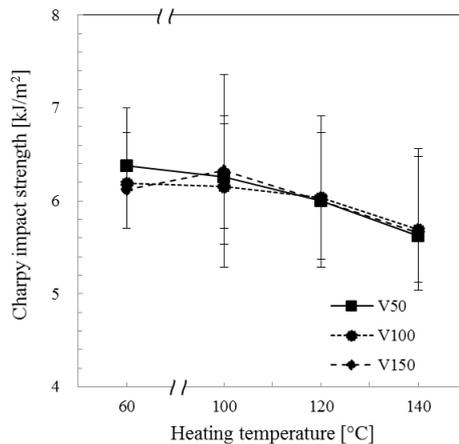


図5 シャルピー衝撃強さと急加熱温度

発泡 GFPP は未発泡に比較して 30%程度曲げ強度が低下する。図 4 に曲げ強さと急加熱温度の関係を示す。曲げ強さは未発泡 PP に比較して 67～90%上昇した。その際、 $T_m=60^\circ\text{C}$  一定と比較して、 $T_h=100^\circ\text{C}$  において曲げ強さの上昇がみられる条件があったが、急加熱急冷却を行った場合は、急加熱温度の上昇に伴って曲げ強さは最大で 10MPa 程度低下した。また、射出速度の上昇により、曲げ強さが数 MPa 程度低下する傾向があり、射出速度よりも急加熱温度が影響を及ぼしていた。

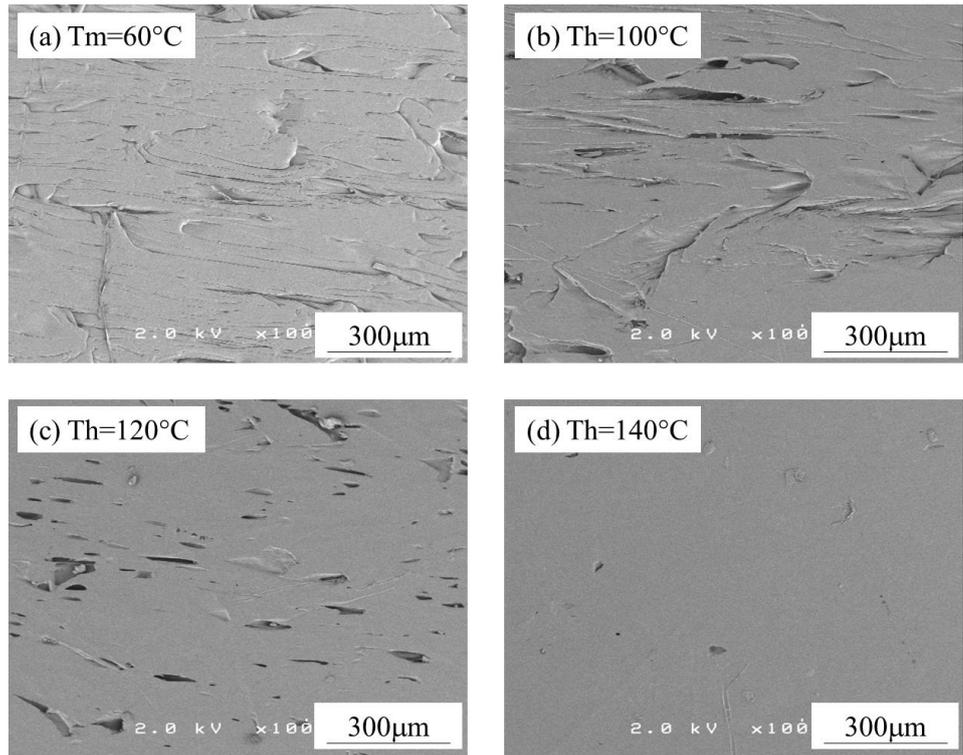


図 6 発泡体の表面 SEM 写真

図 5 に発泡体におけるシャルピー衝撃強さと急加熱温度の関係を示す。未発泡 GFPP のシャルピー衝撃強さは約  $6\text{kJ}/\text{m}^2$ 、未発泡 PP は約  $1\text{kJ}/\text{m}^2$ 、発泡 GFPP は約  $6\text{kJ}/\text{m}^2$  となり、未発泡体と同等の強度を得ることができた。 $T_m=60^\circ\text{C}$  一定と比較すると、急加熱を行うことでシャルピー衝撃強さは低下したが、射出速度による影響は無かった。

### 3. 4 表面観察

図 6 に発泡体の表面 SEM 写真を示す。 $T_m=60^\circ\text{C}$  一定の場合、全体的にスワールマークが確認できる (図 6(a))。  $T_h=100^\circ\text{C}$  では平滑面が増えているが、スワールマークが発生している (図 6(b))。  $T_h=120^\circ\text{C}$  の場合は平滑面が大幅に増えたが、破泡痕と思われる空隙が表面に発生している (図 6(c))。一方、  $T_h=140^\circ\text{C}$  では全体的に平滑面となり、スワールマークや破泡痕はみられない (図 6(d))。表面観察により、急加熱急冷却を行うことで表面性状は向上し、急加熱温度が高いほど平滑面が得られることが分かった。

## 4. まとめ

本報では、GFPP の超臨界発泡射出成形への適応について検討した。その結果、GFPP の超臨界発泡成形体は PP より軽量かつ高強度な部材として期待できることが示された。また、急加熱急冷却法によりスワールマークのない光沢面を得ることができ、外観性の向上が達成できた。

## 文 献

[1] 岩野昌夫：“プラスチックの自動車部品への展開”，日本工業出版，(2011)

# 高度光計測技術の先端農業分野への応用（第3報）

オプトエレクトロニクスグループ 山根治起  
秋田県立大学システム科学技術部 石井雅樹

## Optical measurement and imaging technologies for advanced bio-agriculture [3]

Akita Industrial Technology Center, Haruki YAMANE  
Akita Prefectural University, Masaki ISHII

### 抄録

高度の光計測技術を農業分野へ応用することで、農作物の品質管理の向上に繋がる新たな基盤技術の確立を目的とする。色彩解析あるいは可視・近赤外分光法により、農作物を観察（モニタリング）することで、生育状況や成熟度合、さらには、生理機能を把握して、経験や勘に頼らない客観的かつ効率的な栽培手法に繋がる技術基盤（農作物の生産支援システム）を構築する。また、残留農薬などの極微量有害物質の検出や、高精度でのアレルギー検査が可能な新たな高感度の化学バイオセンサを開発する。本研究の成果は、県内農業の持続的な発展、ならびに、県民の安全・安心・健康を支える技術基盤の確立に繋がるものと期待できる。

[キーワード：光計測技術、先端農業、可視・近赤外分光法、バイオセンサ]

### Abstract

Optical measurement and imaging tools are useful for the development of advanced bio-agricultural technologies which promote a high quality agricultural production. For example, optical instrumentations such as colorimetric and visible/near-infrared (Vis-NIR) spectroscopic measurements suggest what the agricultural products are in the growing and the maturation conditions, and we can comprehend also the physiology function of the agricultural products. We will be able to propose an agricultural production support system, in which objective and efficient cultivation methods that require little experience and intuition are established. Furthermore, we investigated a new high sensitivity biosensor which can detect the ultralow volume toxic substances, such as residual agricultural chemicals, and can examine the allergens in high precision. These technological bases will support the continuous development of agriculture, and will ensure the safety, security and health of the people of our prefecture.

[Key words: Optical measurement and imaging, Advanced bio-agriculture, Vis-NIR spectroscopy, Biosensor]

### 1. はじめに

経済のグローバル化や人口減少、少子高齢化が進行する中において、農業経営においては、農産物の価格低迷による所得の低下、担い手の高齢化、さらには、耕作放棄地の増加など、様々な問題が深刻化しており、先行き不安や不透明感の増大は、農村の活力を低下させる要因となっている。さらには、世界的な穀物需給の逼迫や、食の安全・安心に対する関心の高まり、地球温暖化対策としての農地保全など、農業と農村を取り巻く状況は日々大きく変化している。県民さらに国民の生命を育む食料の安定生産、ならびに、豊かな自然環境の保全に繋がる農業の持続的な発展を支える技術の開発は、国内有数の食料供給県である秋田県が取

り組むべき極めて重要な研究課題と言える。このような状況のもと、本研究課題では、高度の光計測技術を農業分野へ応用することで、農作物の品質管理の向上に繋がる新たな技術基盤の確立を目的として研究開発を実施した。具体的には、『光計測技術（モニタリング）による農作物の生産支援システムの構築』および『微量有害物質やバイオ分子を高感度に検出可能な化学バイオセンサの開発』に関する検討を行った。

農作物の生産支援システムの構築では、色彩解析あるいは可視・近赤外分光法を用いることで、農作物の生育状況や成熟度合、さらには、植物の生理機能を把握することによって、経験や勘に頼らない客観的かつ効率的な農作物の栽培方法の提案に繋がる新たな技術基盤の確立を最終的な目標としている。一方、高感度化学バイオセンサでは、磁気光学効果を利用することで検出感度の向上を可能とする新規技術の提案を目指している。残留農薬などの極微量有害物質の検出や、高精度でのアレルギー検査が可能な新たなデバイスを開発し、県内企業等への技術移転を図ることを最終的な目標とする。本研究課題での成果は、県内農業の持続的な発展、ならびに、県民の安全・安心・健康を支える技術基盤の確立に繋がるものと期待できる。

## 2. 農作物の生産支援システム

### 2-1 光計測による農作物のモニタリング

農作物の価格低迷による所得の低下や担い手の高齢化など、本県を含めて国内の農業経営の先行きに対する不安が増大している現状にあって、経験や勘に頼ることなく高品質かつ付加価値の高い農作物を生産できる栽培手法の確立が求められている。これに対して、デジタルカメラや人工衛星によるリモートセンシングなど、様々な光計測技術を用いて農作物生産に係わる多種多様な情報を観測（モニタリング）することにより、農作物の生育状態や品質を高精度に評価・管理できるシステムの構築が可能となる。個々の収穫物から、圃場、さらには、地域全体の農業生産状態を把握することで、農作物の状態を観察しながらリアルタイムで栽培方法の最適化を図ることが可能となる。本年度は特に、県果樹試験場の協力のもと、昨年度までに確立した色彩解析によるりんごの収穫適期判定に関して、判定精度の向上を目的として、分光イメージングを用いた成熟度評価について検討を行った（図1）。

### 2.2 分光（色彩）測定による生育評価

一般に、りんごを含めて果実の収穫適期は、果実の着色状態を品種ごとに用意されたカラーチャートと比較することで、目視によって判定される。これは官能検査であり、色の感じ方には個人差があるため、統一された判断基準とは言えない。果実の着色状態についての色彩情報を数値解析することにより、収穫適期の定量的な判定が可能となる。[1]

これまでに本研究では、りんごの収穫適期の客観的な判定手法の確立を目的として、撮影画像の分光（色彩）解析を実施してきた。「王林」および「やたか」に対して、デジタルカメラにより撮影した通常のRGB画像を、 $L^*a^*b^*$ 色空間あるいはHSV色空間に表色系変換[2]を行うことで、色彩情報に関する各パラメータと成熟度との関係について調査を行い、色度:  $a^*$  および色相: Hと高い相関が得られることを見出した。本手法が、実際の収穫作業においても利用可能であるかを検証するため、圃場での「王林」の経過観察を行い、成熟度合が、色相: H

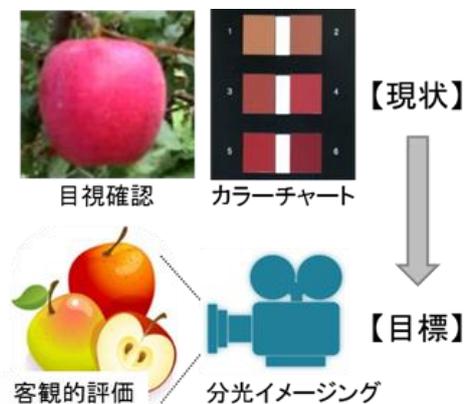


図1 分光イメージングの概念図

と0.9以上の非常に高い相関を得ることができた。色彩測定による画像解析手法は、りんごの収穫適期の判断方法として十分に利用可能であることが分かった。

一方、赤色系のりんご「やたか」では、りんご下部の着色状態（地色）を観察することで収穫適期が判断される。通常の色彩解析を用いた判定では、相関値は0.7程度であり、実際の収穫作業での判定指標としては不十分であった。そこで、色彩イメージングによる画像処理を行うことで、判定精度の向上について検討を行った。色度:  $a^*$ あるいは色相: Hに対して、成熟度に対応する任意のしきい値を設定して2値化画像を作成し、これを通常のRGB画像と重ね合わせることで、未成熟領域を画像として認識可能とするものである。本手法により、専門家の判断を必要とする観察対象に対しても、簡単かつ高精度での成熟度の判断が可能な判定手法を実現することに成功した。

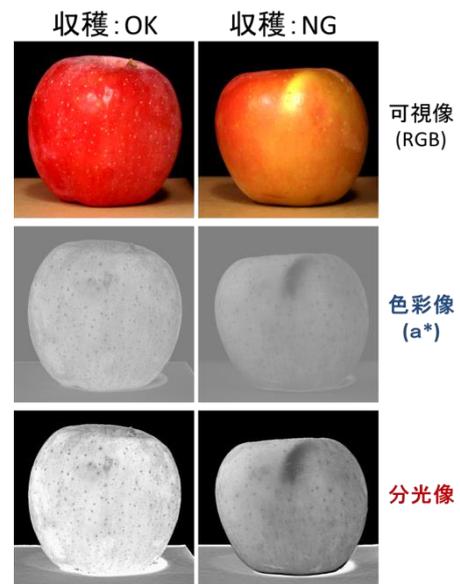


図2 リンゴの色彩および分光画像

さらに、判定精度の向上を可能とする新たな手法として分光イメージングを用いた評価システムの開発にも着手した。これは、特定の波長の光を透過/遮断する分光フィルターを用いることで、農作物（りんご）の成熟状態を評価するのに適した光学情報の画像を取得する手法である。図2に示すように、通常の色彩画像に比較して、分光フィルターを用いて撮影した分光画像では、成熟度の違いが明瞭になっているのが分かる。実際の収穫作業での実用化を図るため、圃場での評価に取り組む予定である。

### 3. 化学バイオセンサ

保健・医療・福祉の充実、ならびに、生活上の安全・安心の確保は、政策上の最重要課題の一つと言える。国民の健康への関心は、単なる寿命の長さだけでなく、生活の質をも考慮に入れた、いわゆる「健康寿命」に向けられるようになってきており、病気の早期発見および早期治療に係る医療技術の進歩が特に望まれている。本研究課題では、磁気光学効果を利用することで、残留農薬やバイオ分子などの化学物質を高感度に検出することが可能な新たな化学バイオセンサの開発を目的として研究を行った。

本年度は、【磁性金属/誘電体/金属】で構成された CoPt 積層膜の磁気光学特性、ならびに、化学センサへの応用の可能性について検討を行った。誘電体層として Al 添加 ZnO(AZO)、金属層として Ag を用いた CoPt 積層膜の垂直磁気光学特性を図3に示す。膜構造は、【CoPt(5 nm)/AZO(0 or 60 nm)/Ag(100 nm)】であり、熱酸化 Si 基板上にシード層として AZO(10 nm) を成膜した。CoPt/Ag 積層界面に AZO 層を挿入することで、角型比が 1 の良好な垂直磁気特性と、AZO 誘電体層が無い場合に比較して、100 倍以上の非常に大きな磁気光学効果 (Kerr 回転角:  $\theta_k \sim \pm 20 \text{ deg.}$ ) が得られている。X 線回折測定の結果、AZO 層の挿入によって、CoPt 膜の結晶構造に大きな変化は

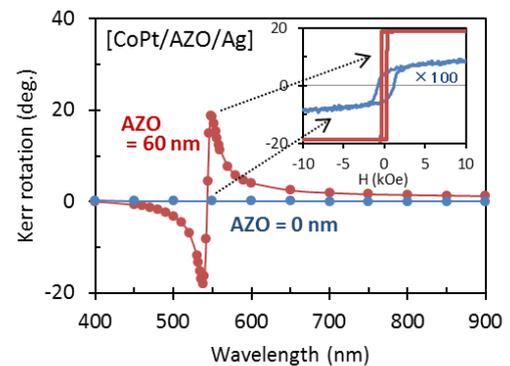


図3 【CoPt/AZO/Ag】積層膜における磁気光学キャビティ効果

見られておらず、また膜厚が 2 nm の非常に薄い AZO 層によっても特性が改善することから、垂直磁気特性の向上は、CoPt/Ag 界面での電子状態の変化に起因するものと考えられる。一方、大きな Kerr 回転角は、磁気光学的なキャビティ効果（多重反射）によるものであり、AZO 層の厚さを変えることで、Kerr 回転角の符号が変わる共鳴波長を制御することが可能である。上記の CoPt 積層膜の磁気光学特性は、表面物質の有無や屈折率の違いに敏感であることから、化学センサとしての応用が期待できる。図 4 は、厚さ 2 nm の酸化膜を表面に形成したときの磁気光学特性の変化を示しており、表面状態の違いが検出可能であることが分かる。

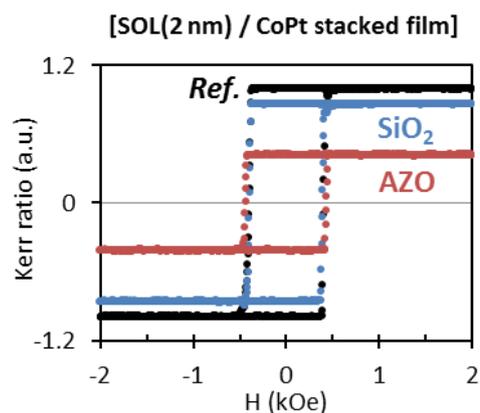


図 4 磁気光学効果を用いた表面酸化物の検出

表面プラズモン共鳴を利用した一般的な光検知式化学センサ[3]では、全反射光学系を構成する必要があるのに対して、本研究の磁気光学式化学センサでは、垂直入射光学系を基本とすることから、装置の簡略化や、アレイ素子によるマルチ測定が容易といった特徴を有する。また、Kerr 回転角の位相が反転する波長を測定する手法では、光源の強度変動に対して、安定かつ高感度での検出が可能と考えられる。今後、本物理現象に基づいた検出方式を利用した新たな化学バイオセンサとしてデバイス開発を進めていく予定である。

#### 4. まとめ

高度の光計測技術を農業分野へ応用することで、農作物の品質管理の向上に繋がる新たな基盤技術の確立を目的として研究を行った。りんごの成熟度評価および経過観察を行い、分光イメージング等の分光（色彩）解析によって、収穫適期の定量的な判定手法が実現可能であることが分かった。本成果は、経験や勘に頼らない客観的かつ効率的な農作物の栽培・収穫手法の提案を可能とする新たな技術基盤（農作物の生産支援システム）の確立に繋がるものと期待できる。さらに、光検知式高感度バイオセンサの開発を目的として、磁性積層膜における磁気光学特性に関する検討を行い、磁気光学的なキャビティ効果により、100 倍以上の非常に大きな磁気光学効果を得ることができた。さらに、本現象が、積層膜の表面状態に敏感であることを確認し、新たな検出原理に基づいた化学バイオセンサ実現の可能性を見出すことができた。今後、県内企業との連携により、新規デバイスとして実用化を目指す。

#### 文 献

- [1] 日本経済新聞・東北経済面：“熟練農家の技 農業機器に”，平成 28 年 3 月 31 日 (2016)
- [2] 高木幹雄，下田陽久：“新編 画像解析ハンドブック”，東京大学出版会，(2004).
- [3] 電気化学会化学センサ研究会編：“先進化学センサ”，株式会社ティーアイシー，(2008).



## V 資料

## 1. 沿革詳細

昭和2年4月	商工大臣より工業試験場の設立認可。
昭和3年7月	秋田市土手長町に、秋田県工業試験場工芸部を設置。
昭和12年5月	秋田県工業指導所と改称し、秋田市茨島に移転。
昭和17年1月	秋田県角館権工芸指導所設立。
昭和21年4月	秋田県川連漆工芸指導所設立。
昭和30年9月	秋田県工業試験場と改称。秋田県角館権工芸指導所、秋田県川連漆工芸指導所の名称を、それぞれ秋田県工業試験場角館指導所、秋田県工業試験場川連指導所と改称。
昭和36年6月	秋田県工業試験場に秋田県工業試験場能代指導所、同大館指導所を設置。
昭和37年4月	科・係制に組織を改め、庶務係、機械化学科、工芸科、木工科を設置。
昭和41年4月	本場に土木試験科を設置。
昭和41年7月	本場本館竣工。
昭和42年4月	機械化学科を機械金属科、化学科の2科に分離。
昭和43年1月	高周波焼入試験工場並びに木材人工乾燥工場竣工。
昭和43年3月	工業試験場角館指導所を廃止。
昭和43年4月	工芸科をデザイン科と改称、工業試験場大館指導所を秋田県林業試験場へ移管。
昭和46年8月	講堂、会議室、非破壊試験室竣工。
昭和47年6月	化学科を工業化学科、木工科を工芸技術科と改称。
昭和48年4月	工業試験場に技術情報室設置。
昭和49年3月	機械金属科実験棟改築工事完成。恒温恒湿室設置。
昭和57年10月	秋田県工業技術センターと改称し、秋田市新屋町字砂奴寄に新築、移転。
昭和58年3月	工業技術センター能代指導所を廃止。
昭和61年	県議会高度技術産業・交通対策特別委員会から「本県独自の技術基盤を構築するための高度な研究機関設置の必要性」の提言。
昭和61年4月	組織改正、企画管理部を企画室と改称。応用開発室を設置。機械金属部と工業化学部を統合し機械化学部、木材部とデザイン部を統合し木材デザイン部と改組。
平成4年3月	秋田県条例第34号により「秋田県高度技術研究所」の設置を公布。
平成4年9月	同研究所の建物完成。(砂奴寄に新築、敷地面積23,130 m <sup>2</sup> 、延床面積6,500 m <sup>2</sup> (内クリーンルーム300 m <sup>2</sup> ))
平成4年11月	同研究所、開設。
平成7年4月	工業技術センター木材デザイン部を廃止。
平成8年4月	工業技術センターの部門で、応用開発室を情報システム開発部とメカトロニクス開発部に、機械化学部を工業材料部と生産技術部にそれぞれ2部に分離。建設技術部を建設・環境システム部と改組。
平成8年4月	工業技術センターに開放研究室を設置。

- 平成 8 年 8 月 工業技術センターが特許庁から知的所有権センターとして認定。
- 平成 11 年 3 月 工業技術センター川連指導所を廃止。
- 平成 12 年 4 月 建設・環境システム部を環境システム部と改称。
- 平成 14 年 4 月 工業技術センターの組織改編により、部制を廃止しグループ制とする。(情報システム開発部、メカトロニクス開発部、工業材料部、生産技術部、環境システム部をそれぞれ情報システムグループ、メカトロニクスグループ、工業材料グループ、生産技術グループ、環境システムグループと改組。)
- 平成 15 年 4 月 生産技術グループを生産システムグループと精密加工グループに改称。
- 平成 17 年 4 月 グループ制を廃止し、チーム制とする。(財)秋田県資源技術開発機構(小坂町)の研究部門を包括。(情報システムグループ、メカトロニクスグループ、工業材料グループ、生産システムグループ、精密加工グループ、環境システムグループの 6 グループ制から、プロジェクト研究チーム、技術応用化研究チーム、リサイクル技術開発チームの 3 チーム制。)
- 平成 17 年 5 月 工業技術センターと高度技術研究所が統合し、産業技術総合研究センターに改称。組織改編により、部門を総務管理部、経営企画部、工業技術センター、高度技術研究所へ改組。
- 平成 23 年 4 月 産業技術総合研究センターを産業技術センターに改称。組織改編により、総務管理部、技術イノベーション部、電子光応用開発部、素形材プロセス開発部、先端機能素子開発部と部門を改組。

## 2. 特許出願・登録状況

No.	名称	権利の別	発明者	出願日	登録日	出願番号	登録番号
1	粒子分散型誘電流体を用いた加工法	特許	赤上陽一	H11.10.15	H16.9.10	H11-293558	3595219
2	TiB <sub>2</sub> -Ti(CN)系複合体及びその製造方法	特許	浅利孝一、杉山重彰	H11.11.8	H16.12.10	H11-317199	3626378
3	高硬度及び高ヤング率特性を有するWC-WB、WC-W2B又はWC-WB-W2B複合体及びその製造方法	特許	浅利孝一、杉山重彰	H12.9.7	H16.12.17	2000-271067	3628601
4	研磨装置	特許	赤上陽一	H13.10.5	H18.11.2	2001-309902	3874340
5	微細加工方法及び微細加工装置	特許	赤上陽一	H14.4.8	H18.11.2	2002-105059	3875907
6	電界により砥粒の分布及び配列を制御可能な砥石、その製造方法、表面仕上げ工法	特許	赤上陽一	H14.11.18	H17.6.10	2002-333677	3686652
7	電界砥粒による刃先研磨仕上げ方法、及び刃先を有する微細部品の作製方法	特許	赤上陽一	H15.2.21	H19.1.19	2003-43990	3906165
8	W-Ti-C系複合体及びその製造方法	特許	杉山重彰	H15.5.19	H20.12.5	2003-140470	4227835
9	生分解性樹脂を用いた打揚げ花火用玉皮、及びその製造方法	特許	鎌田悟、工藤素	H15.6.24	H19.1.5	2003-179193	3897738
10	研磨装置(旧名称:研磨装置と方法)	外国特許	赤上陽一	H14.1.25	H17.2.22	10/054,937	US6857940
11	工用絶縁監視装置	特許	小笠原雄二、近藤康夫	H15.12.12	H21.10.2	2003-436531	4378749
12	高硬度、高ヤング率、高破壊靱性値を有するWC-SiC系焼結体	特許	杉山重彰	H16.9.27	H22.6.11	2004-279279	4526343
13	精密加工技術として用いられる切削加工方法及び切削加工装置	特許	赤上陽一	H17.3.10	H21.8.7	2005-066851	4355669
14	核酸マイクロアレイおよびその製造方法	特許	赤上陽一、加藤勝	H17.3.31	H23.2.25	2005-105437	4691383
15	活性炭からなるリン酸イオン吸着材及びその製造方法並びにリン酸イオン吸着方法	特許	遠田幸生、竹村昌太	H17.9.30	H21.4.17	2005-287962	4292243
16	小径管の内側面仕上げ加工方法及び装置	特許	赤上陽一	H17.9.26	H22.2.26	2005-277534	4464897
17	TiB <sub>2</sub> 基Ti-Si-C系複合セラミックス及びその焼結体製造方法	特許	杉山重彰	H18.3.29	H23.8.26	2006-089729	4809096
18	核酸検出システム及び核酸検出方法	特許	赤上陽一	H18.3.16	H24.2.24	2006-072205	4930872
19	車椅子使用者のためのトレーニングマシン	特許	小笠原雄二、宮脇和人、沓澤圭一	H18.9.4	H21.11.6	2006-239125	4399569
20	電界下における誘電性砥粒を水に分散させた流体を用いた仕上げ方法及び仕上げ装置	特許	赤上陽一	H18.12.4	H23.7.15	2006-326935	4783719
21	TiC基Ti-Si-C系複合セラミックス及びその製造方法	特許	杉山重彰	H18.3.27	H23.8.26	2006-086240	4809092
22	核酸検出方法及び核酸検出キット	特許	赤上陽一	H19.3.15	H25.12.13	PCT/JP2007/55179	5429962
23	核酸マイクロアレイ、その製造方法および核酸マイクロアレイ用基材	特許	赤上陽一、加藤勝	H18.3.30	H25.4.5	PCT/JP2006/307284	5238250
24	W-Ti-C系複合体及びその製造方法	特許	杉山重彰	H15.5.19	H23.10.21	2008-133093	4848394
25	平面両面研磨方法及び平面両面研磨装置	特許	赤上陽一	H19.7.11	H24.8.17	2008-165189	5061296
26	非接触攪拌方法、非接触攪拌装置、それを用いた核酸ハイブリダイゼーション反応方法、反応装置、及び試料中の核酸を検出する方法、核酸検出装置、試料中の抗体を検出する方法、及び抗体検出装置	外国特許	赤上陽一、加賀谷昌美	H21.10.23	H24.10.9	12/604640	US8283120
27	非接触攪拌方法、非接触攪拌装置、それを用いた核酸ハイブリダイゼーション反応方法、反応装置、及び試料中の核酸を検出する方法、核酸検出装置、試料中の抗体を検出する方法、及び抗体検出装置	特許	赤上陽一、加賀谷昌美	H20.10.23	H27.1.23	2009-243468	5681912
28	WC-SiC系焼結体の製造方法	特許	杉山重彰	H16.9.27	H25.2.15	2010-7009	5198483
29	平面両面仕上げ方法及び平面両面仕上げ装置	特許	赤上陽一	H22.2.22	H26.12.19	2010-035989	5663733
30	免疫組織染色方法および免疫組織染色装置	特許	赤上陽一、加賀谷昌美	H22.7.2	H26.10.17	2010-151695	5629850

## 2. 特許出願・登録状況

No.	名称	権利の別	発明者	出願日	登録日	出願番号	登録番号
31	砥粒の回収方法、及び回収装置	特許	赤上陽一、久住孝幸、池田洋	H22.7.9	H26.5.30	2010-156485	5548860
32	点滴モニタ装置	特許	小笠原雄二、佐々木信也、近藤康夫、熊谷健	H22.12.16	H27.2.20	2010-280437	5696297
33	基板の接合方法および基板接合装置	特許	木村光彦	H22.1.19	H26.11.28	2011-008905	5653232
34	WC基W-Mo-Si-C系複合セラミックス及びその製造方法	特許	杉山重彰	H23.3.24	H27.7.10	2011-066045	5771853
35	抵抗器、その製造方法	特許	大内一弘、本多直樹、山川清志	H10.12.10	H23.6.3	H10-351496	4752075
36	薄膜抵抗器およびその製造方法	特許	大内一弘、本多直樹、山川清志	H10.12.10	H20.2.22	H10-351497	4083900
37	磁気検出装置	特許	高橋慎吾、山川清志、本多直樹、大内一弘	H11.9.2	H13.7.6	H11-248387	3206810
38	磁界センサおよび磁界センシングシステム	特許	丹健二、山川清志、本多直樹、大内一弘	H12.9.11	H16.2.20	2000-275313	3523834
39	抵抗器(旧名称:抵抗器およびその製造方法)	特許	山川清志、本多直樹、大内一弘	H12.6.20	H20.2.22	2000-185306	4083956
40	アクチュエータの減衰方法およびアクチュエータ	特許	森英季	H16.3.15	H16.11.5	2004-073233	3612670
41	アクチュエータの減衰方法およびアクチュエータ	外国特許	森英季	H16.7.27	H20.2.19	PCT/JP2004/011016	US7332848
42	アクチュエータ	特許	森英季	H18.3.30	H24.9.7	2006-095447	5076063
43	電磁界計測システム	特許	黒澤孝裕	H18.10.25	H24.2.3	2006-289985	4915565
44	位置決め機構	特許	森英季	H19.8.24	H24.7.6	2007-218965	5028659
45	液晶光学デバイス	特許	葉茂、佐藤進	H20.8.14	H23.11.18	2008-209004	4863403
46	作動変換型変位拡大装置	特許	森英季、宮脇和人	H20.7.11	H26.3.7	2008-181801	5487462
47	高周波材料定数測定システム	特許	駒木根隆士、黒澤孝裕	H21.2.27	H26.5.30	2009-44983	5589180
48	アクチュエータの減衰方法およびアクチュエータ	外国特許	森英季	H16.7.27	H22.11.3	PCT/JP2004/011016	EP1737115
49	空間光変調器	特許	山根治起	H21.5.11	H26.4.11	2009-114082	5514970
50	低電圧駆動液晶レンズ	特許	佐藤進、葉茂、王濱	H21.7.7	H25.8.9	2009-160358	5334116
51	平面位置決め装置およびこれを備えた検査装置	特許	森英季、宮脇和人	H22.2.9	H26.9.5	2010-550522 PCT/JP2010/51900	5605227
52	低電圧駆動液晶レンズ	特許	佐藤進、葉茂、高橋慎吾	H22.3.1	H27.7.17	2010-044352	5776135
53	スピン注入電極構造、スピン伝導素子及びスピン伝導デバイス	特許	鈴木淑男	H22.9.3	H26.11.28	2010-198159	5651826
54	強磁性積層構造及びその製造方法	特許	鈴木淑男	H22.12.20	H27.2.6	2010-283253	5688526
55	強磁性積層構造及びその製造方法	特許	鈴木淑男	H20.3.31	H25.1.25	2008-089702	5181388
56	液晶光学デバイス	特許を受ける権利	佐藤進、高橋慎吾、葉茂	H22.12.27		2010-291221	
57	液晶シリンドリカルレンズアレイおよび表示装置	特許	佐藤進	H23.1.6	H27.2.27	2011-1217	5699394
58	平面位置決め装置およびこれを備えた検査装置	外国特許	森英季、宮脇和人	H22.2.9	H25.7.23	US13/206554	US8495761
59	超音波流量計を用いた酸素濃度計	特許を受ける権利	小笠原雄二	H23.5.20		2011-113374	
60	液晶光学レンズ	特許	葉茂、佐藤進	H20.8.14	H24.12.21	2011-239597	5156999

## 2. 特許出願・登録状況

No.	名称	権利の別	発明者	出願日	登録日	出願番号	登録番号
61	磁気光学効果計測装置	特許を受ける権利	近藤祐治、山川清志	H23.5.31		2011-122769	
62	スピン注入電極構造、スピン伝導素子及びスピン伝導デバイス	外国特許	鈴木淑男	H23.8.24	H25.7.24	13/216965	US84928009
63	強磁性積層構造及びその製造方法	外国特許	鈴木淑男	H23.12.13	H25.11.19	13/323869	US8586216
64	液晶光学デバイス	特許	佐藤進、葉茂	H19.2.16	H22.1.8	2007-37047	4435795
65	マトリクス駆動液晶光学素子及び装置	特許を受ける権利	佐藤進	H24.6.26		2012-143369	
66	並進機構を用いたアクチュエータの減衰方法およびアクチュエータ	特許を受ける権利	森英季	H25.1.25		2013-11990	
67	研磨装置および研磨装置に用いられるアタッチメント	特許を受ける権利	赤上陽一	H25.3.15		2013-052876	
68	酸化セリウム砥粒再生方法	特許を受ける権利	赤上陽一、久住孝幸	H24.3.21		2012-63494	
69	電界洗浄方法、電界免疫組織染色方法、電界洗浄装置及び、電界免疫組織染色装置(旧名称:電界洗浄方法)	特許	赤上陽一、加賀谷昌美、中村竜太、池田洋	H26.1.22	H27.6.5	2014-009634	5754520
70	電界攪拌用はっ水フレーム(旧名称:電界攪拌用ならびに電界洗浄用はっ水フレーム及び、電界非接触攪拌方法・電界攪拌向けインジケータ付きはっ水リング)	特許	赤上陽一、加賀谷昌美、中村竜太、池田洋	H26.1.22	H26.12.5	2014-009629	5655180
71	切削工具仕上げ装置および切削工具仕上げ方法	特許を受ける権利	赤上陽一	H26.1.16		2014-004940	
72	自動電界免疫組織染色装置	特許	赤上陽一、加賀谷昌美、中村竜太、池田洋	H26.2.20	H27.2.20	2014-030179	5696300
73	ドリル及び穿孔の形成方法	特許を受ける権利(欧州)	斉藤耕治、加藤勝	H25.11.7		PCT/JP2013/80126 13 843 029.3	
74	ドリル及び穿孔の形成方法	特許を受ける権利(台湾)	斉藤耕治、加藤勝	H25.11.7		PCT/JP2013/80126 102140694	
75	ドリル及び穿孔の形成方法	特許を受ける権利(中国)	斉藤耕治、加藤勝	H25.11.7		PCT/JP2013/80126 201380003276.9	
76	ドリル及び穿孔の形成方法	特許を受ける権利(米国)	斉藤耕治、加藤勝	H25.11.7		PCT/JP2013/80126 14/229096	
77	並進機構を用いたアクチュエータの減衰方法およびアクチュエータ	特許を受ける権利(米国)	森英季	H26.1.23		14/162562	
78	自動電界免疫組織染色装置及び、自動電界免疫組織染色方法	特許を受ける権利(米国)	赤上陽一、加賀谷昌美、中村竜太、池田洋	H26.2.20		14/185533	
79	研磨材および研磨方法	特許を受ける権利	赤上陽一、久住孝幸、中村竜太	H26.3.18		2014-054845	
80	迅速かつ高感度な多重免疫染色法	特許を受ける権利	赤上陽一、中村竜太	H26.5.16		2014-102883	
81	光学式化学センサ	特許を受ける権利	山根治起	H26.9.3		2014-179031	
82	骨生検用工具及び骨組織採取方法	特許を受ける権利	加藤勝	H26.10.15		2014-210648	
83	磁性流体検出装置及び磁性流体検出方法	特許を受ける権利	丹健二	H27.1.22		2015-9974	
84	検知装置及び検出部位載置容器	特許を受ける権利	丹健二	H27.1.22		2015-10003	
85	水素水生成器	特許を受ける権利	木谷貴則、黒澤孝裕、山川清志	H27.1.28		2015-014852	
86	細胞内生体分子の検出に用いる標準試料及び細胞内生体分子の検出方法	特許を受ける権利	赤上陽一、中村竜太	H27.2.3		2015-19566	
87	培養細胞を用いた標準試料及びその製造方法	特許を受ける権利	赤上陽一、中村竜太	H27.2.5		2015-21657	
88	電界攪拌用電極及びこれを用いた電界攪拌方法	特許	赤上陽一、中村竜太	H27.2.6	H27.10.23	2015-22163	5825618
89	微小液滴を形成する反応デバイス及びこれを用いた電界攪拌方法	特許	赤上陽一、中村竜太	H27.2.6	H27.11.20	2015-22575	5839526
90	液滴形成用シャーレ及びこれを用いた電界攪拌方法	特許	赤上陽一、中村竜太	H27.2.6	H27.12.25	2015-22721	5857309

## 2. 特許出願・登録状況

No.	名称	権利の別	発明者	出願日	登録日	出願番号	登録番号
91	ゼータ電位制御法を用いた処理方法	特許	赤上陽一、中村竜太、久住孝幸、池田洋、佐藤安弘	H27.2.12	H28.2.26	2015-25880	5891320
92	ドリル及び穿孔の形成方法	特許を受ける権利(日本)	斉藤耕治、加藤勝	H25.11.7		PCT/JP2013/80126 2014-545750	
93	ドリル及び穿孔の形成方法	特許を受ける権利(韓国)	斉藤耕治、加藤勝	H25.11.7		PCT/JP2013/80126 10-2015-	
94	熱電変換素子、発電デバイス	特許を受ける権利	伊勢和幸	H27.5.21		2015-103327	
95	交流電磁石	特許を受ける権利	山川清志	H27.12.10		2015-241610	
96	収穫適期判定支援装置及び収穫適期判定支援プログラム	特許を受ける権利	佐々木大三	H28.1.27		2016-13413	
97	電界攪拌を用いた生体分子の迅速検出法	特許を受ける権利	赤上陽一、中村竜太	H28.2.5		2016-20839	
98	硬質磁性材料	特許を受ける権利	新宅一彦	H28.3.8		2016-44907	
99	光検知式水素ガスセンサ	特許を受ける権利	山根治起、高橋慎吾	H28.3.18		2016-55934	

### 3. 各研究会の概要

<p><b>○非破壊検査技術研究会</b></p> <p>非破壊検査、及び溶接・接合に関する技術水準の向上普及を図り、工業の発展に寄与することを目的とし、講演会、講習会、研究成果発表会、視察会、情報交換会などを実施。</p> <p>代表者：佐々喜興業（株） 佐々木 一喜</p> <p>会員：企業48社、大学・支援機関等6機関8名</p> <p>事務局：素形材プロセス開発部 木村 光彦</p>
<p><b>○表面処理技術研究会</b></p> <p>表面処理（電気めっき、無電解めっき、溶融亜鉛めっきなど）に関する技術の向上をはかるとともに会員相互の研鑽と融和をはかるとを目的とし、講演会、講習会、研究成果発表会、視察会、情報交換会などを実施。</p> <p>代表者：秋田化学工業（株） 丹野 恭行</p> <p>会員：企業18社、大学・支援機関等3機関4名</p> <p>事務局：技術イノベーション部 菅原 靖</p>
<p><b>○高分子材料研究会</b></p> <p>高分子材料及びその成形加工技術に関する技術の向上を図るとともに会員相互の研鑽を図ることを目的とし、講演会、講習会、研究成果発表会、視察会、情報交換会などを実施。</p> <p>代表者：（株）フルヤモールド 古谷 武美</p> <p>会員：企業25社、大学・支援機関等7機関8名</p> <p>事務局：素形材プロセス開発部 工藤 素</p>
<p><b>○生産技術研究会</b></p> <p>工業の生産技術に関する研修、試験研究等を通して、新技術の開発、技術力の向上、人材養成を図るとともに産・学・官の連携強化等により本県工業の発展に資することを目的とし、（1）分科会方式による新技術の開発、共同研究の実施、（2）技術講習会、講演会、研修会の開催、（3）研究成果・事例発表会、企業見学会等の開催、（4）技術交流および技術情報の交換などを実施。</p> <p>代表者：小林工業（株） 小林 憲一郎</p> <p>会員：企業51社 大学・支援機関等8機関10名</p> <p>事務局：素形材プロセス開発部 沓澤 圭一</p>
<p><b>○北東北ナノ・メディカルクラスター研究会</b></p> <p>精密加工技術・界面制御技術・医療技術を融合させた次世代医療システムづくりの進展を目指し、北東北の産業創出に貢献することを目的とする。</p> <p>代表者：秋田大学医学部附属病院 南條 博</p> <p>会員：企業10社、大学・支援機関等14機関</p> <p>事務局：産業技術センター 赤上 陽一</p>
<p><b>○硬質工具材料研究会</b></p> <p>産学官が協力して硬質工具材料技術に関する技術交流を図り、硬質工具材料技術を利用した新材料開発や新製品開発などを目指すことで、この分野における技術の高度化を図るとともに、会員相互の啓発と親睦を図り、本県の工業の発展に資することを目的とする。</p> <p>代表者：秋田大学大学院 泰松 斉</p> <p>会員：企業5社、大学・支援機関等2機関6名</p> <p>事務局：先端機能素子開発部 杉山 重彰</p>

## VI 当センターのご利用について

## 1. 秋田県産業技術センターの所在とアクセス

### (1) 所在

秋田県産業技術センター 本館

住所 〒010-1623 秋田県秋田市新屋町字砂奴寄4番地の1 1

連絡先 Tel 018-862-3414 Fax 018-865-3949

秋田県産業技術センター 高度技術研究館

住所 〒010-1623 秋田県秋田市新屋町字砂奴寄4番地の2 1

連絡先 Tel 018-866-5800 Fax 018-866-5803

ホームページ

<http://www.rdc.pref.akita.jp/>



### (2) 公共交通機関によるアクセス

◎バス 秋田中央交通 秋田駅西口発『県立プール』線

本館：『工業技術センター前』停留所下車※

高度技術研究館：『県立プール前』停留所下車※

※両建屋間は徒歩2分ほど離れていますのでご注意ください。

◎タクシー 秋田駅より約7キロ、20分。運賃3,000円程度

## 2. ご利用案内

秋田県産業技術センターでは、秋田県産業の活性化と持続的な発展を目指し、研究業務のほかにも、県内企業の皆様のためのさまざまな活動を行っております。技術相談、共同研究、受託研究、人材育成、設備利用など、各種のサポートメニューをご用意し、県内企業をはじめとする皆様のご利用をお待ちしております。

詳細については以降をご確認いただき、各担当窓口までご相談ください。ご不明な点などもお気軽にお問い合わせください。

### (1) ご相談窓口について

はじめて当センターをご利用される方、新たなご相談のある方は、下記電話へご連絡ください。また当センターホームページの技術支援室のページからは、メールによるご連絡も可能です。

TEL 018-862-3414

ホームページ <http://www.rdc.pref.akita.jp/>

継続してご利用されている方は、引き続き、担当の研究員へ直接ご連絡ください。

#### ◎共同研究

- ・企業の皆様と当センターが共同で研究開発に取り組みます。
  - ・秋田県産業技術センターで使用する消耗経費をご負担いただきます。
  - ・共同研究契約を締結していただきます。秘密保持契約も可能です。
- 詳しくは技術支援室までお問い合わせくださいますようお願いいたします。

#### ◎研修

- ・企業の皆様の技術力向上や新技術の習得のために研修制度を用意しております。
- ・研修費用は無料ですが、必要な消耗品についてはご負担願います。
- ・学生の皆さんのインターンシップも受入可能です。

#### ◎設備機器利用

- ・試作加工、分析評価等に利用できる当センター設備機器を開放しております（有料）。
  - ・使用料のほか、必要な消耗品についてはご利用者様にご負担いただきます。
  - ・設備機器の使用方法については、当センター研究員がサポートします。
- 詳しくは次項「設備機器利用について」をご参照ください。

#### ◎研究会の紹介

- ・当センターが活動を支援している研究会を紹介します。
- ・講演会、講習会、研究発表会、情報交換会、工場見学会などを開催しております。
- ・企業間連携、産学官連携の場としてご活用ください。

### (2) 設備機器利用について

秋田県産業技術センターでは、研究会や会議等に利用できる当センターの研修室や会議室を、また試作、加工、分析評価等に利用できる当センターに設置されている設備機器の一部を、有料で開放しています。機器設備のご利用案内と、ご利用いただける機器の一覧を次ページより収録してありますのでご参照ください。なお、これら設備機器につきましては、ご利用の可否、ご利用条件、料金などに変更が生じる場合がございます。予めご了承ください。

## 秋田県産業技術センター施設・設備利用のご案内

秋田県産業技術センターでは、試験研究、技術支援・相談、技術者養成、研究会活動、研修会・講習会の開催、技術情報の提供などの業務を行っております。

当センターには、県内企業をはじめ外部の方に施設や設備機器を次のとおり開放しております。

### **ご利用の留意事項**

#### (1) 利用者

特に制限はありません。

#### (2) 利用対象施設、設備機器及び使用料金

「施設及び設備使用料」に記載しているとおります。

#### (3) 利用日時

原則として、当センターの休業日を除く午前9時から午後5時までです。

#### (4) 利用・申し込み方法

あらかじめ電話等により、対象設備、利用日時等をご連絡の上、当日まで申請手続きが必要です。

使用が可能な場合は、許可書を交付します。

#### (5) 使用方法の指導

設備機器の使用方法については、必要に応じて当センター職員が指導します。

#### (6) 支払方法

当センターで発行する納入通知書により、指定金融機関に納付することになっています。

#### (7) ご利用にあたっての順守事項

- ① 会議室、講堂、展示室の使用に際しての机、椅子の準備及び現状回復は、使用者の責任において行うことになっています。
- ② 茶器は無償で貸し付けしますが、消耗品は持ち込みとなるほか、後片づけは使用者の責任において行って下さい。
- ③ 禁煙場所での喫煙はご遠慮下さい。
- ④ 設備機器のご利用にあたっては、原則として危険物及び有害物質の持ち込みを禁止いたします。
- ⑤ 当センターの施設及び設備機器をき損した場合は、直ちに届け出願います。  
故意または過失によると認められる場合には、損害賠償の責任が生じることになりますので注意してご利用下さい。

#### (8) 申込・照会先

〒010-1623 秋田市新屋町字砂奴寄4番地の11

秋田県産業技術センター総務管理部

TEL 018-862-3414

FAX 018-865-3949

## 施設使用料及び設備使用料

### 1. 開放研究室

開放研究室には、備品としてOAテーブル、OAチェア、キャビネット、ロッカー、作業台などが備え付けられており、LANの端子が設けられておりますので、コンピュータを持ち込むことにより、電子メール等を利用できます。

#### (1) 本館

区分	面積 (m <sup>2</sup> )	室数	使用料金 (円/月)
開放研究室A	59	2	67,900
開放研究室B	46	6	64,800
開放研究室C	40	2	43,200

#### (2) 高度技術研究館

区分	面積 (m <sup>2</sup> )	室数	使用料金 (円/月)
高機能開放研究室	61.44	6	95,100

### 2. 講堂、研修室、会議室、展示室

#### (1) 本館

区分	使用料			収容人数
	9:00-12:00	13:00-17:00	9:00-17:00	
講堂	3,500円	4,600円	8,100円	100人
研修室B	1,000円	1,450円	2,450円	20人
展示室	(1日) 1,300円			

また、次の付属備品が使用できますので、施設の使用申込の段階でお申し込み下さい。  
なお、これらについては、使用料はかかりません。

備品名		
液晶プロジェクタ	オーバーヘッドプロジェクタ	ホワイトボード
VHSビデオデッキ	黒板	レーザーポインタ
スクリーン	ワイヤレスマイク	

#### (2) 高度技術研究館

区分	使用料			収容人数
	9:00-12:00	13:00-17:00	9:00-17:00	
視聴覚研修室	9,450円	12,600円	22,050円	100人
研修室A	3,450円	4,600円	8,050円	24人

### 3. 機械設備の使用料について

次頁以降に示します。

(注1) 使用時間が1時間未満である時、または当該時間に1時間未満の端数がある時は、1時間として計算した使用料です。

(注2) 施設及び設備使用料には、消費税が含まれています。

秋田県産業技術センター機器設備一覧

No	名称等	製造元	仕様・品質等	購入年度 (平成)	使用料 (円/時間)	担当者
1	放射線(α線、β線、γ線)測定器	日立アロカメディカル(株)	TCS-362,TCS-172B,ICS-323C	23	100	遠田
2	ガウスメータ	ベル	9903	4	940	丹
3	シングルジェネレータ	アジレントテクノロジー	E4426B	14	110	丹
4	低雑音振幅器	MITEQ	NSP2000-P	17	100	丹
5	ローパスフィルタ	エスエフ回路設計ブロック	NF-3660	4	430	丹
6	フォトレーザ	NewFocus	1544-B-50	22	100	丹
7	電源ノイズ測定器	(株)JFF(テクトロニクス)	MD04104-6	23	250	佐々木(大)
8	精密騒音計	リオン(株)	NL-52	25	100	内田(勝)
9	全光東測定システム	オーシャンフォトニクス	OP-FLUX-76-CA	23	2,350	梁瀬
10	CNC3次元測定機	カールツアイス(株)	PRISMO 5 HTG-S	7	460	加藤
11	輪郭形状測定機	(株)ミツトヨ	SVC-638S	9	100	加藤
12	真円度測定機	ランクテララーホブソン	タリロンD262型	8	100	加藤
13	CNC万能測定顕微鏡	(株)ニコン	VM-250型	8	550	加藤
14	CNC三次元測定機用データ処理装置	(株)東京精密	Calyptoシステム	18	830	加藤
15	超高倍率3次元複合顕微鏡	島津製作所	ナノサーチ顕微鏡SFT-3500ほか	17	1,650	加藤
16	非接触形状測定顕微鏡	キーエンス	VK-9500	15	1,000	加藤
17	表面粗さ測定機	(株)東京精密	サ-70L3000A-3DF-DX-S	13	110	加藤
18	超高精度三次元測定器	Panasonic	UA3P-300	20	2,900	久住
19	非接触式表面性状評価装置	Zygo	NewView6300	19	1,150	久住
20	非接触式ファイバー干渉計	Zygo	GPI XP/D	19	570	久住
21	4インチ光学原器	Zygo	TS f/0.65, f/1.5, f/3.3	21	300	久住
22	ファイバー干渉計用球面測定ジグ	ZYGO	ファイバー干渉計用球面測定ジグ	23	130	久住
23	倒立型金属顕微鏡	オリンパス光学工業	PM-63-614U	8	100	内田(富)
25	X線CT画像解析装置	テスコ(株)	TXS225-ACTIS	18	1,500	内田(富)
26	高精度3次元プロッターシステム	OBJET	CONNEX500	21	7,200	内田(富)
27	鋳造CAEソフトウェア	クオリカ	JSCAST	14	100	内田(富)
28	ナレッジシステム	富士通	サーバ\PRIMERGY F250ほか	14	380	内田(富)
29	熱処理CAEソフトウェア	クオリカ	GRANTAS	14	100	内田(富)
30	熱変形シミュレーションシステム	MSCソフトウェア	simxpert	21	1,550	内田(富)
31	ハイエンド3次元CAD/CAMシステム	PTC社	Pro/ENGINEER Wildfire 4	10	100	内田(富)
32	非接触三次元デジタルマイザ	Steinbichler	COMET	21	1,950	内田(富)
33	総合型金属顕微鏡	オリンパス(株)	DSX500,DSX100	25	530	内田(富)
34	再資源化焼結炉	アドバンテック東洋(株)	KS-1703型	7	150	遠田
35	管状炉	タナカテック	MPH-6VGS	15	520	遠田

No	名称等	製造元	仕様・品質等	購入年度 (平成)	使用料 (円/時間)	担当者
36	炭化賦活炉	(株)ウエーブ二十一	炭化賦活炉 T-2000L	16	1,200	遠田
37	空圧落下衝撃試験装置	ボックスイ・ブラウン(株)	SM-110-MP型	3	100	近藤(康)
38	振動試験機	エミック株式会社	F-03000BM/FA	16	1,200	佐々木(信)
39	絶縁耐圧試験器	日置電機(株)	3159	14	100	近藤(康)
40	差動プローブセット	ソニー・テクトロニクス	P6330・P5210・TCP202S	14	100	佐々木(信)
41	ネットワークプロトコル開発ツール	Scalable Network Technologies, Inc.	Qualnet Developer	18	1,000	佐々木(信)
42	光テストシステム装置	横河電機	AG2200	17	700	佐々木(信)
43	ベクトルシングナルジェネレータ	アジレント	V2920A	21	310	佐々木(信)
44	ミックスドシングナルオシロスコープ	日本テクトロニクス	MSO4104	20	100	佐々木(信)
45	ソフトウェア品質評価試験システム	株式会社ハートランドデータ	DT10 STD Value IVセット	26	250	佐々木(信)
46	計測制御ソフトウェア開発システム	National Instruments(株)	LabVIEW 2010プロフェッショナル開発システム	23	100	佐々木(大)
47	プレジジョンパワーアナライザ	横河電機(株)	WT3000	23	170	佐々木(大)
48	高周波3次元電磁界シミュレータ	アンソフト	HFSSV・10・0	17	960	丹
49	三次元電磁界最適化設計ツール	アンソフト・ジャパン(株)	Optimetrics	18	100	丹
50	電磁界解析用ワークステーション	DELL	PrecisionT5400	20	100	丹
51	ネットワーク・アナライザ・システム	アジレント・テクノロジー(株)	E8364A	14	1,250	丹
52	振動方式誘電率測定システム	キーコム株式会社	振動方式試料穴閉鎖形空共振器法比誘電率・誘電正接( $\epsilon_r, \tan\delta$ )測定システム	18	310	丹
53	ロックインアンプ	Anfatec Instruments	eLockin205/2	25	100	丹
54	総合熱分析装置	セイコー電子工業(株)	EXSTAR6000	8	870	杉山
55	電気伝導率・熱電率測定装置	真空理工(株)	ZEM/PEM-1型	9	1,400	杉山
56	高温動弾性率測定装置	東芝タンガロイ(株)	UMS-HL	10	3,350	杉山
57	ナノインデンター	米国Hysitron社	Model Triboscope他	14	3,000	杉山
58	熱特性測定装置	NETZSCH	LFA457-A21 MicroFlash	21	1,200	杉山
59	熱膨張測定装置	理学電機	Thermo Plus 2	15	460	杉山
60	電子プローブマイクロアナライザ	日本電子(株)	JXA-8200ほか	13	1,650	杉山
61	電界放射走査電子顕微鏡	日立製作所	S-4500	8	610	木村
62	S-4500用オートステージ	日立製作所	S-8432型	12	100	木村
63	圧縮成形機	東洋精機(株)	試験用加硫プレス 30ton f	S58	280	工藤(素)
64	プラスチック衝撃試験機	上島製作所	シャルピー-JIS7111	S58	100	工藤(素)
65	恒温恒湿器	タハイエスベック(株)	LHU-112M	9	100	工藤(素)
66	3D射出成形シミュレーションシステム	富士通(株)	CELSIUS W480-NTM	23	1,150	工藤(素)
67	マイクロオームメータ	アジレント・テクノロジー(株)	34420A	18	100	工藤(素)
68	流動特性評価装置 (フロースター)	(株)鳥津製作所	フロースター CFT-500D パソコンシステム	14	270	工藤(素)
69	示差走査熱量計	セイコーインスツルメンツ株式会社	X-DSC7000	23	620	工藤(素)

No	名称等	製造元	仕様・品質等	購入年度 (平成)	使用料 (円/時間)	担当者
70	プラスチック万能材料試験機 (CFRP用)	インストロン(株)	5967型	24	930	工藤(素)
71	マルチインテグサ	(株)東洋精機製作所	型式G-01	25	250	工藤(素)
72	真空加熱プレス装置	井元製作所	1824型	19	100	杉山
73	電子天秤	ザルトリウス(株)	MC210S	10	100	工藤(素)
74	3次元CAD/CAMシステム	ダッソーシステムズ	CATIA V5他	19	1,600	加藤
75	色彩色差計	日本電色工業(株)	SQ-2000	12	290	工藤(素)
76	表面抵抗測定装置	アジレント・テクノロジーズ(株)	4339B	16	110	工藤(素)
77	フーリエ変換赤外分光光度計	日本分光(株)	IRT-7000	21	820	工藤(素)
78	粘弾性測定装置	Anton Paar社	MCR302	26	1,100	工藤(素)
79	電動式塗工機	(株)小平製作所	YOA-B型	18	100	杉山
80	低高抵抗率測定システム	(株)三菱アナリック	ロレスタMCP-T610、ハイレスタMCP-HT800	26	200	野辺
81	セミビッカース硬度計	マツザワ	PVT-7S	21	420	杉山
82	超硬製転動ミル用容器	(株)伊藤製作所		20	100	杉山
83	比表面積測定器	湯浅アイオニクス(株)	モノノブ	2	340	菅原
84	小型電気炉	(株)セイシン企業	PART-3	2	260	菅原
85	低温恒温水槽	小松エレクトロニクス	DW-621	8	100	菅原
86	全有機体炭素計	島津製作所	TOC-5000A	11	550	菅原
87	原子吸光分光分析装置	日本ジャーレアルアッシュ	SOLAAR M-6	15	1,100	工藤(素)
88	酸素・窒素分析装置	㈱堀場製作所	EMGA-620W/C	13	1,350	工藤(素)
89	炭素・硫黄分析装置	LECO社	CS-200型	13	870	工藤(素)
90	ラマン分光光度計	日本分光(株)	NRS-1000/RFT-600	12	1,350	工藤(素)
91	高周波プラズマ発光分光分析装置	サーモフィッシャー・サイエンティフィック株式会社	iCAP6300 Duo	23	3,600	工藤(素)
92	X線回折装置	リガク	RINT-2500	9	710	菅原
93	X線応力測定装置	(株)マツクサイエンス	MXP3AHP	7	1,700	木村
94	マスフロー制御装置	日本タイラン(株)	FC-260J20SCCM	4	100	木村
95	スクラッチ試験機	新東科学(株)	TYPE. 22H	6	390	木村
96	微小硬さ試験機	(株)フィッシャー・インストルメンツ	H-100	14	480	木村
97	低温灰化装置	ヤマト化学	PDC-210	15	670	工藤(素)
98	電気マッフル炉	アドバンテック東洋	FUS612PA	15	350	工藤(素)
99	精密旋盤	池貝鉄工	D-20型	S47	260	加藤
100	ドリル研削盤	(株)藤田製作所	DG36A形	S55	220	加藤
101	NCフライス盤	遠州製作(株)	TNC 6MB付	S57	1,700	加藤
102	NC精密成形研削盤	(株)岡本工作機械	NFG-52 6M付	S57	1,650	加藤
103	圧電型切削動力計	日本キスラー(株)	9257B	2	670	加藤
104	コンターマシン	アマダ	V-400	S47	100	加藤

No	名称等	製造元	仕様・品質等	購入年度 (平成)	使用料 (円/時間)	担当者
105	直立ボール盤	(株)吉田製作所	YUD600	S47	100	加藤
106	卓上ボール盤	吉田鉄工所	YBD-420B	S46	100	加藤
107	多軸加工用制御システム	SDRC社	CAMANDmultiaxisシステム	9	1,250	加藤
108	超精密成形形状研削盤	ナガセインテグレックス	SGC-630S4AK-Pcnc	22	3,600	加藤
109	ミス冷風供給装置	株荏原製作所	7ｲﾝｽﾄZELSR0401	12	130	加藤
110	油圧式強力高速弓鋸盤	津根マシヅール	PSB-350U	12	280	加藤
111	ワイヤーカット放電加工機	(株)ソディック	AG360L	18	990	加藤
112	5軸制御立形マシニングセンタ	オークマ(株)	MU-400V II型	26	2,700	加藤
113	プラスチック粉砕機	ホーライ	VC3-360	12	240	工藤(素)
114	LN2サブゼロ装置	(株)フロンティアエンジニアリング	I型	7	110	内田(富)
115	エコーチップ硬さ試験機	プロセック社(スイス)	D型	S60	120	内田(富)
116	函型電気炉	(株)サーマル	パッチタイプ炭化硅素発熱体加熱式	S57	410	内田(富)
117	流動層熱処理炉	日新化熱工業	TM-2540	8	350	内田(富)
118	鋳型焼成雰囲気炉	日新化熱工業(株)	EBS-9(改)	10	1,300	内田(富)
119	複合サイクル腐食試験機	スガ試験機	CYP-90	20	290	菅原
120	冷間等方加圧成形装置	アプライドパワージャパン(株)	CIP-50-2000	7	310	杉山
121	多目的高温炉	富士電波工業	ハイマルチ5000	8	1,000	杉山
122	放電プラズマ焼結装置	住友石炭鉱業(株)	SPS-2080	8	5,300	杉山
123	高速精密切断装置	平和テクニカ(株)	ファイナカットN-100	4	710	木村
124	マイクロフォーカスX線装置	日本フイルプス(株)	HOMX-161	5	1,800	木村
125	プレス付真空熱処理装置	東京真空(株)	PRESS-VAC-2	3	570	木村
126	YAGレーザ加工装置	石川島播磨重工業	iLS-YC-30B	11	6,900	木村
127	交直両用TIG溶接機	(株)ダイヘン	AVP-3000P	13	730	木村
128	真空チャンバー	日本精機	φ 500×H250mm(内寸)材質:SUS304	14	280	木村
129	溶接部可視化装置	石川島播磨重工業(株)	ILV型	12	100	木村
130	YAGレーザ用ロボットシステム	安川電機株	MOTOMAN-UP6型	13	100	木村
131	極間式磁気探傷機	日本工機	BY-1	S43	100	木村
132	超音波映像装置	日立エンジニアリング・アンド・サービス	FS200 II	22	1,750	木村
133	磁気探傷機	(株)島津製作所	PRA-80型	S46	230	木村
134	超音波探傷器	東京計器	SM80型	S53	500	木村
135	X線透過検査装置	理学電気工業(株)	300EG-B2L型	S55	980	木村
136	JSNDI仕様デジタル超音波探傷器	GEインスペクション・テクノロジーズ・ジャパン(株)	USM35X JE	23	150	木村
137	3Dプリンターシステム	STRATASAS	FORTUS250mc	25	1,100	沓澤
138	セラミックス研磨装置	丸本ストラウス(株)	アブラミン	10	2,600	杉山
139	セラミックス自動精密切断機	丸本ストラウス(株)	アキユトム50	11	390	杉山

No	名称等	製造元	仕様・品質等	購入年度 (平成)	使用料 (円/時間)	担当者
140	ロックウェル硬さ試験機	(株)アカシ	ATK-F1000	7	190	内田(富)
141	ビッカース硬度計	(株)アカシ	AVK-C2500	4	100	内田(富)
142	XY自動テーパー付硬度計	明石製作所	MS-4	S60	250	内田(富)
143	試料研磨琢磨機	ビュラー	エコット4000	20	710	内田(富)
144	電解研磨装置	ストルアス社	ポレクトロール	9	230	木村
145	万能材料試験機	Instron	5985	22	2,400	木村
146	遊星回転ボールミル	(有)伊藤製作所	LA-PO412	8	210	杉山
147	スプレードライヤー	大川原化工機(株)	NHS-0型	9	550	杉山
148	アトライタ	日本コークス工業(株)	MAISE-X	25	340	杉山
149	真空乾燥用ミキサ	日本コークス工業(株)	FMミキサ、FM10C/I-X型	26	900	杉山
150	小型造粒機	日本アイリッヒ(株)	アイリッヒ逆流式高速混合機RVO2型	2	200	菅原
151	ふるい振盪機	テラオカ	S-1	3	100	菅原
152	ボールミル	日陶科学	架台二連式AN-3S無段変速28~100bpm	1	100	菅原
153	中型電気炉	(株)モトヤマ	SH-3045E	10	890	菅原
154	乾式粉体表面改質装置	(株)奈良機械製作所	NHS-0型(閉回路)	9	820	菅原
155	真空溶解炉	富士電波工業(株)	FVPM-10型	7	1,850	内田(富)
156	ニューマブラスター	(株)不二製作所	FDG-4S	S57	300	内田(富)
157	動的ひずみ解析装置	(株)共和電業	EDX-1500A-16AC	10	100	内田(富)
158	引張・圧縮疲労試験機	島津製作所	EHF-EG50KN-10L	11	2,700	内田(富)
159	発光分析装置	(株)SPECTRO Analytical	SPECTROLAB M	14	1,300	内田(富)
160	シャルピ衝撃試験機	(株)島津製作所	30kgm型	S54	130	内田(富)
161	小野式回転曲げ疲労試験機	(株)島津製作所	H6型	S62	100	内田(富)
162	スガ摩擦試験機	スガ試験機(株)	NUS-ISO-3型	1	170	内田(富)
163	摩擦試験機	(株)エー・アンド・ディ	EFM-3-EM	9	410	内田(富)
164	高温雰囲気クレープチャータ試験装置	東伸工業	VGRT-30S	11	100	内田(富)
165	万能試験機	島津製作所	UH-F300kNI	19	690	木村
166	転写性評価用金型	日本分光(株)	プリハードン鋼	10	100	工藤(素)
167	射出圧縮成形装置	フアナック(株)	ROBOSHTOα-100C	9	1,700	工藤(素)
168	精密微量水分計	(株)子ノ	CZA-3000	13	110	工藤(素)
169	ノズル樹脂圧力・温度計	日本キスラー(株)	4085A5A2	13	100	工藤(素)
170	標準試験片作製金型	AXXICON社	AIM Mould System	13	230	工藤(素)
171	押出機	(株)テクノベル	KZW25TW-60MG-NH(1200)スケジユ径25φ	16	1,600	工藤(素)
172	集塵機	アマノ(株)	PIE45	18	480	工藤(素)
173	樹脂乾燥機	アドバンテック東洋	DRL823WA	16	220	工藤(素)
174	磁束密度測定装置	F.W.BELL	9550	9	120	久住

No	名称等	製造元	仕様・品質等	購入年度 (平成)	使用料 (円/時間)	担当者
175	砥粒分散用超音波発生器	トミ精工	UD-201(S)	13	100	久住
176	平坦度測定装置	(株)ニテック	FT-900(ウエハ用)	25	1,250	久住
177	電界制御装置	トレック・ジャパン(株)	MODEL20/20B	10	100	久住
178	小型切削動力計	日本キスラー株式会社	9256C2	16	490	久住
179	三脚	スリック	プロフェッショナルサインII	12	100	久住
180	自動研磨ヘッド	ビューラー	オートメット2000 60-1970	20	100	久住
181	除振台	明立精機	AYA-1809K4	21	100	久住
182	レーザー変位計	キーエンス	LC-2400	14	100	久住
183	電源装置	トレックジャパン(株)	MODEL609D-6	7	190	久住
184	15MHzファンクションウェーブジェネレータ	日本ビューレットパッカード	33120A	11	100	久住
185	オシロスコープ	日本ビューレットパッカード	HP-54645A	11	100	久住
186	安全キャビネット	エアータック	BHC-1006 II A/B3	20	100	久住
187	核酸増幅システム	三洋電機バイオメデイカ(株)	MDF-192	17	310	久住
188	蛍光顕微鏡	ニコン	E400-RFL 1	15	200	久住
189	材料物性測定装置	東陽テクニカ	1260-MAS(ソーラー・トロン)	18	690	久住
190	3軸微細加工機	シグマテック	FS-1100PXY	15	820	久住
191	CCDカラーカメラ	東京電子	CS5270i-S	12	100	久住
192	ゼータ電位測定装置	Systemex	Nano Z	19	330	久住
193	砥粒挙動モニタ用レンズ	モリテックス	MIL-Z07545他	12	100	久住
194	誘電率測定用サンプルホルダー	東陽テクニカ	SH2-Z	25	100	久住
195	動的光散乱式測定装置	(株)Malvern	ゼータナノサイザー ナノZSP	26	800	久住
196	研磨装置	不二越機械工業	SLM-140	22	480	久住
197	片面研磨装置	不二越機械工業(株)	SLM-140改	25	550	中村
198	熱電発電モジュール温度特性評価試験装置	サカタ理化学(株)	MS-010	24	520	杉山
199	高速引張試験機	島津製作所	HITS-T10	21	2,350	木村
200	落錘衝撃試験機	INSTRON	9205HV	21	1,450	木村
201	材料試験高速解析システム	(株)フオトン	FASTCAM SA-X	24	780	木村
202	減圧除湿乾燥機	カワタ(株)	DV-30	26	250	野辺
203	高転写成形用急加熱冷却金型システム	山下電気(株)	超臨界発泡射出成形機用金型	26	1,100	野辺
204	立形マシニングセンター用集塵防塵装置	アマノ	PIE-30SD	22	760	加藤
205	立形マシニングセンター	ファナック	α-T14ID	16	460	加藤
206	超臨界発泡射出成形機	日精樹脂工業株式会社	NEX180III 25E	24	3,000	工藤(素)
207	複合材硬化成形用オートクレーブ	株式会社 羽生田鉄工所	φ 850 x 1500L	21	1,450	藤嶋
208	複合材料切断機	(株)丸東製作所	AC-300CF	22	570	藤嶋
209	フラットベット切断機	(株)ミマエンジニアリング	CF2-1215RC-S	25	750	藤嶋

No	名称等	製造元	仕様・品質等	購入年度 (平成)	使用料 (円/時間)	担当者
210	耐候性試験機	岩崎電気(株)	SUV-W161	25	1,500	近藤(康)
211	重量級ブラットホーム型電子天秤	エー・アンド・デイ	FW-300KA4	9	100	沓澤
212	放射電磁界イミュニティ試験システム	アプリアアイヤー株式会社	TC2000C	15	1,050	佐々木(信)
213	プリント基板加工システム	日本LPKF株式会社	Protomat C100HF	16	450	佐々木(大)
214	パワーマルチメーター	横河電気	WT1030	8	100	小笠原
215	磁気抵抗効果測定用電磁石	マイテック	ヘルムホルツコイルM-HD31型	6	210	丹
216	高出力増幅器	日本オートマチックコントロール	150A100B-150W1000	16	360	丹
217	バイポーラ電源	高砂製作所	BWS80-30G	16	190	丹
218	ワイヤーボンダー	TPT	モデル16	16	270	丹
219	雷サージ試験システム	株式会社ノイズ研究所	LSS-15AX-C1/S	13	100	近藤(康)
220	静電気試験システム	ノイズ研究所	ESS-2000	14	100	近藤(康)
221	グローワイヤー試験機	Physics technics Labor	TA03.35(付属チャーンバ\BT-07)	25	310	近藤(康)
222	雑音総合評価試験機	(株)ノイズ研究所	MODEL EMC-5000S	1	870	佐々木(信)
223	ファストランジェントノバースト試験機	(株)ノイズ研究所	FNS-AX3-B50B	26	150	佐々木(信)
224	低温恒温高湿器	エスパック	PSL-2K	19	240	佐々木(大)
225	冷熱衝撃装置	エスパック(株)	TSA-71S-W	17	590	佐々木(大)
226	衝撃波記録解析装置	Lansmont社	Test Partner TP3-USB	26	100	近藤(康)
227	複合環境試験装置	IMV株式会社	EM2502(1250/SA5M)(振動試験機本体) Syn-3HA-40(恒温恒湿槽)	26	1,700	佐々木(信)
229	真空乾燥器	EYELA	VOS-450SD	9	120	遠田
230	自動研磨装置	ビューラー社	AUTOMET2&ECOMET3	9	170	遠田
231	スクラバー付ドラフトチャンバー	オリエンタル技研工業(株)	GENE-1500N	9	170	遠田
232	発熱量測定装置	(株)島津製作所	CA-4PU	10	100	遠田
233	粉塵ドラフト	オリエンタル技研(株)	GNS-1800S	10	100	遠田
234	排ガス分析装置	(株)島津製作所	GC-17A	10	110	遠田
235	CHN元素分析装置	(株)パーキンエルマー・ジャパン	24002CHNS/0	10	210	遠田
236	燃焼灰品質評価装置	日機装	マイクロトラックHRA-X-100	9	970	遠田
237	焼成挙動評価装置	ライカ	DMRXP	9	590	遠田
238	波長分散型蛍光X線装置	島津製作所	XRF-1700(4KW)	11	900	遠田
239	ガスクロマトグラフ質量分析装置	横河アナリティカルシステムズ	Agilent 5973W	12	170	遠田
240	ガスクロ用オートインジェクター	島津製作所	AOC-20i	16	100	遠田
241	GC用熱分解装置	(株)島津製作所	PY-2020ID	21	520	遠田
242	サイクロンサンプリャミル	静岡精機(株)	CSM-F1	20	100	遠田
243	ハロゲン化合物測定自動前処理装置	三菱化学(株+D102)	AQF-100	18	720	遠田
244	ビード作製装置	東京科学(株)	TK-4100型	16	790	遠田

No	名称等	製造元	仕様・品質等	購入年度 (平成)	使用料 (円/時間)	担当者
245	ハンディ型燃焼排ガス分析計	(株)テストー	t350システムXL	23	120	遠田
246	粒度分布測定装置	日機装(株)	MT3300EX2-SDC-H	25	570	遠田
247	赤外線サーモグラフィカメラ	日本アビオニクス(株)	R300SR-H	26	100	遠田
248	ハロゲン化合物測定用検出器	Thermo SCIENTIFIC 社	ICS-1600	26	400	遠田
249	ガス蒸気吸着量測定装置	日本ベル(株)	BELSORP-max	26	900	遠田
250	超純水製造装置	アドバンテック東洋	RFU665DA	26	100	遠田
251	低温恒温恒湿器	タハイエスペック(株)	PL-3SP型	5	170	遠田
252	分光光度計	(株)日立製作所	U-3000	10	340	遠田
253	ICP質量分析装置	アジレント・テクノロジー(株)	Agilent 7500 Series ICP-MS	18	1,650	遠田
254	イオンクロマトグラフ(陰イオン・陽イオン・糖分析システム)	ダイオネクス	ICS-3000+2100型	22	1,550	遠田
255	吸着性能評価装置	Quantachrome社	ChemBET-3000型	16	690	遠田
256	バイオシェーカー	タイテック(株)	BR-43FL-MR	23	100	遠田
257	分子量分布測定装置	(株)島津製作所	ProminenceGPCシステム	25	380	遠田
258	微粉砕機	中央化工機(株)	MB-1	9	100	遠田
259	粗粉砕機	三田村理研工業(株)	SR-2	9	130	遠田
260	凍結粉砕器	日本分析工業	JFC-1500型	15	300	遠田
261	小型タンデムリング粉砕機	中央化工機商事(株)	TR-LM	24	100	遠田
262	アスファルトミキサー		北大型30k練2Hp	2	150	遠田
263	アスファルト用乾燥機			S46	100	遠田
264	ガスコンロ			S55	100	遠田
265	ローラーコンパクター	谷藤	TR-323C	S47	130	遠田
266	3連式自動ホイールトラックキング試験機	ニッケン	HKA-110A3D-CW15	8	740	遠田
267	蛍光X線膜厚計	セイコー電子工業	SEA-5120	6	1,400	岡田
268	薄膜構造評価用高輝度X線回折装置	理学電機	ATX-G	12	5,900	鈴木
269	電子スピニング測定装置	ブルカー・バイオスピン社	EMXplus型(マイクロ波ブリッジ含)	25	1,800	鈴木
270	電子顕微鏡用引伸機	ダースト	L1200	5	790	岡田
271	イオンスパッタ装置	日本電子	JUC-5000	4	2,000	岡田
272	マイクロオージェ電子分光装置	日本電子(株)	JAMP-7830F	14	9,100	岡田
273	断面試料作製装置	日本電子	クロスセクション・ポリッシュヤ9010	17	620	岡田
274	実体顕微鏡	オリンパス	SZH-141	4	340	岡田
302	透過型電子顕微鏡(TEM)	日立製作所	HF-2000	5	31,100	岡田
275	光電子分光装置(ESCA)	アルバックファイ	5600MC	4	17,600	田口
276	2次元光検出器	ビットラン	BQ-73LN	22	110	近藤(祐)
277	紫外分光式磁気特性評価装置	ネオアーク	BH-M800UV-HD-10	17	1,400	山根
278	クリーンブースA	日本エアテック	AER-2000C	9	100	山根

No	名称等	製造元	仕様・品質等	購入年度 (平成)	使用料 (円/時間)	担当者
279	ポータブル型分光測定装置	ARCopix S.A.社	ARCSpectro FT-NIR Rocket 0.9-2.6	26	200	山根
280	高感度マグネットメータ	プリンスストンメジャメント社	MicroMag2900	5	4,400	鈴木
281	ディンブルグラインダ	VCR	D-500	4	1,700	岡田
282	ダイヤモンド研磨システム	マルトー	ML-150P	5	100	岡田
283	低速切断機	サウスベイクテクノロジー	SBT650	5	100	岡田
284	純水・超純水製造装置	アドバンテック	RFU655DA・RFP543RA	22	240	神田
285	恒温恒湿槽	ADVANTEC	AGX-224	7	310	櫻田
286	静電容量微小変位計	ナノテックス	PS-III-5D	16	100	櫻田
287	金属顕微鏡	ニコン	XPF-UNRB	4	950	伊勢
288	静電式バターニング装置	エンジニアリングシステム(株)	QDX500-V-XC	25	1,100	伊勢
289	揺動式片面精密研磨機	不二越	LPS-38A	5	730	山川
290	ハイトゲージ	ハイデンハイン	CERTO-CT60M	6	420	山川
291	揺動式片面精密研磨機	ラップマスターSF	SPL15	6	1,500	山川
292	ダイシング・ソー	ディスコ	DAD320	7	1,450	内田(勝)
293	バッチ式多元素パッタ装置	トッキ	SPM506	7	3,750	新宅
294	イオンビームガン	アリオス	EMIS-212	17	430	内田(勝)
295	スパッタリング用バルス電源	日本MKS	RPG-50A-00	17	290	内田(勝)
296	スパッタ・蒸着複合装置	トッキ	SPS506	7	3,900	鈴木
297	分子線エピタキシー装置	エイコー・エンジニアリング	EW-100S	17	4,800	鈴木
298	MBEプロセスモニタ用四重極質量分析システム	英国ハイデン社		18	910	鈴木
299	スパッタ機用RFマッチングボックス	トッキ	RF-MN750	19	220	鈴木
300	MBE装置LL室拡張設備	株式会社エイコー		22	1,450	鈴木
301	MBE装置用成膜及び表面処理機能拡張設備	株式会社エイコー	1EK00-36109-6501	23	3,700	鈴木
303	補助ポンプ	サエスグループ(SAES Getters)	CapaciTorr D400-2	26	100	鈴木
304	バッチ式多層スパッタ装置	日電アネルバ	SPF-540H特	4	2,500	伊勢
305	バッチ式スパッタ装置	日電アネルバ	SPF-332H	6	2,000	伊勢
306	ディスクスパッタ装置	日本真空技術	SSH-4S	5	12,300	山根
307	光学式表面解析装置	Candela Instruments	OSA5100-200SQ	16	1,100	山根
308	イオンミリング装置	コモンウェルス	ミラトロンIV	4	1,900	山川
309	クライオコンプレッサ	ブルックス・オートメーション社	8200空冷式	26	100	山川
310	超高真空多元素パッタ装置	アルパック	MPS-4000-C6	15	6,000	新宅
311	空冷インバーターチャージャー	オリオン機械(株)	REK2200B1-V-G2	25	120	新宅
312	リークデテクター	日電アネルバ	ASM120HS	4	810	内田(勝)
313	工場顕微鏡システム	ニコン	MM-11U	4	2,950	伊勢
314	MEMS対応型マスクアライナ	ズース・マイクロテック	MA6BSA	15	1,950	伊勢

No	名称等	製造元	仕様・品質等	購入年度 (平成)	使用料 (円/時間)	担当者
315	レーザー直接描画装置	ハイデルベルグ社	DWL 200UV	10	270	高橋(慎)
316	超音波洗浄装置	本多電子	W118	7	440	内田(勝)
317	純水・超純水製造装置	日本ミリポア株式会社	Milli-Q Integral 10	21	230	鈴木
318	サンプリングオシロスコープ	レクロイジャパン	9354TM	7	150	黒澤(孝)
319	高速スペクトラムアナライザ	HP	E4401B	11	280	黒澤(孝)
320	高速パルスジェネレータ	HP	HP81110A	11	240	黒澤(孝)
321	ルビジウム周波数標準発振器	スタンフォードリサーチ	FS725	17	100	黒澤(孝)
322	電波暗室・EMI測定システム	Rohde&Schwars	ESIB26a	16	9,550	黒澤(孝)
323	電波暗室用センサスキャナ	デバイス	DM3423AV1/0	19	210	黒澤(孝)
324	発振器	エヌエフ回路設計ブロック	WF1973	19	100	黒澤(孝)
325	ロックインアンプ	エヌエフ回路設計ブロック	LI5640	19	100	黒澤(孝)
326	低ノイズアンプ	TSJ	MLA-00118-B01-35	20	100	黒澤(孝)
327	高利得マイクロ波アンテナ	Electro Metrics	EM-6969	21	100	黒澤(孝)
328	自動車用直流電源インピーダンス安定化回路網	Schwarzbeck Mess Elektronik	NNBM8125	21	100	黒澤(孝)
329	CISPR22対応電波吸収体	TDK	IS-030A	22	100	黒澤(孝)
330	電磁シールド特性評価システム	テクノサイエンスジャパン	KEC法測定システム	22	110	黒澤(孝)
331	雑音電力測定システム	(株)東陽テクニカ	MAC600A-AJ, EPS/RFP-AJ	25	100	黒澤(孝)
332	雑音測定用疑似通信回路網	協立電子工業(株)	KNW-2208, KNW-441, およびF-51	25	100	黒澤(孝)
333	高周波発振器	アンリツ	MG3692C	26	150	黒澤(孝)
334	電子負荷	(株)計測技術研究所	LN-300A-G7	26	100	木谷
335	電子負荷	(株)計測技術研究所	LN-300A-G7	26	100	木谷
336	走査型プローブ顕微鏡(走査型トンネル顕微鏡)	デジタル・インストルメンツ	ナノコープⅢ	4	7,850	経徳
337	超微小硬度計	日本電気	MHA-400	4	14,700	経徳
338	大型サンプルSPM観測ステージ	デジタル・インストルメンツ	D3000	7	2,200	経徳
339	走査型プローブ顕微鏡用駆動システム	Veeco	RDS-F/DSP	13	100	経徳
340	触針式表面形状測定装置	アルバック	DEKTAK150	21	250	千葉
341	MTF評価装置	トライオプティクス	Image Master HR LP	21	540	梁瀬
342	自動エリブメータ	溝尻光学工業所	DVA-FZVW	4	1,150	梁瀬
343	金属顕微鏡システム	オリンパス	BH3-MJL	6	1,500	梁瀬
344	ナノ加工用イオンビーム装置	セイコーインストルメンツ(株)	SMI2050	14	4,000	近藤(祐)
345	クリーンブースB(H17導入)	日本エアーテック	ECB02-22D5	17	120	近藤(祐)
346	電子ビーム描画装置	エリオニクス	ELS-7500	19	3,050	近藤(祐)
347	微小トルク検出器	ユニパルス	UTM II -0.05Nm, UTM II -0.1Nm	26	100	荒川
348	FFTアナライザ	HP	HP35670A	5	1,150	森
349	加速度センサ	日本航空電子工業	JA-5VC3	5	350	森

No	名称等	製造元	仕様・品質等	購入年度 (平成)	使用料 (円/時間)	担当者
350	デジタルオシロスコープ	HP	HP54542A	5	760	森
351	任意波形発生器	横河電機	AG4100	5	1,850	森
352	光マイクローメータ	MTI	MTI-2000 1157	5	610	森
353	微小変位計光マイクローメータ	MTI	MTI-2000 1165	5	330	森
354	レーザードップラー振動計	小野測器	LV-1500	5	1,150	森
355	FFTサーボアナライザ	HP	HP35670A	7	630	森
356	タイムインターバルアナライザ	HP	HPE1725B	7	1,400	森
357	高分解能光ファイバ変位計	フォトニクス	ATW-01 +ATP-A20	12	220	森
358	高周波連続可変フィルタ(H13導入)	エヌエフ回路設計ブロック	3660A	13	100	森
359	FFTアナライザ	アジレントテクノロジー	35670A	17	170	森
360	5ch 静電容量変位計	ナノテックス	PS-Ⅲ-5D	17	100	森
361	オートコロメータ	ニコン	6B	18	220	森
362	高速・高精度制御装置	MED	NMC 7880	18	100	森
363	超高分解能光学スケール	Sony Manufacturing Systems Corporation	BH20	18	100	森
364	平面検出型光学スケール	Sony Manufacturing Systems Corporation	BZ	18	100	森
365	FFTアナライザ	小野測器	DS-2100	19	220	森
366	スペクトラムアナライザ	HP	HP4396B	9	920	櫻田
367	高分解能オシロスコープ	HP	HP54540C	7	390	櫻田
368	マイクロスコープ	ハイロックス	KH-7700	19	230	櫻田
369	高分解能・光学スケール	ソニーマニファクチュアリングシステムズ(株)	BH20	20	100	櫻田
370	ロジックアナライザ	アジレントテクノロジー(株)	16804A	20	240	櫻田
371	オシロスコープ	アジレントテクノロジー(株)	DSO7104A	21	100	櫻田
372	高分解能・光学スケール	ソニーマニファクチュアリングシステムズ*	BH25, BD96-B1400HC特	21	110	櫻田
373	ファンクションジェネレータ(2ch出力)	テクトロニクス株式会社	AFG3252	21	100	櫻田
374	レーザ干渉変位計システム	株式会社小野測器	LV-2100	21	120	櫻田
375	除振台	明立精機	MAPS-008A-G1010	22	270	櫻田
376	走査型プローブ顕微鏡	エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社	L-trace II	24	670	櫻田
377	レーザードップラー振動計	小野測器	LV-1800	25	140	櫻田
378	振動周波数分析器	株式会社エヌエフ回路設計ブロック	FRA5097	25	120	櫻田
379	ピコメートル分解能非接触変位計	(株)マグネスケール	BN100	26	100	櫻田
380	高分解能反射型レーザースケール	(株)マグネスケール	BF1,BD-96	26	100	櫻田
381	差動型非接触振動計	小野測器(株)	LV-1800	26	150	櫻田
382	GMR評価高磁界用マグネット電源	菊水電子工業	PBX20-20	10	100	山川
383	発振器	HP	HP8110A	11	240	木谷
384	スポットUV照射装置	東芝ライテック	トスキュア250	5	290	木谷

No	名称等	製造元	仕様・品質等	購入年度 (平成)	使用料 (円/時間)	担当者
385	クリーニングブースC(H17導入)	日本エアテック	ACB-352C-特型	7	120	木谷
386	光学顕微鏡	ニコン	MM-11U	7	580	木谷
387	ローパスフィルタ	エヌエフ回路設計ブロック	3660A	9	430	木谷
388	ロングメモリアナライザ	レクロイ	LC574AL	11	670	木谷
389	オシロスコープ	AgilentTechnologies	54622A	12	100	木谷
390	スペクトラムアナライザ	AgilentTechnologies	E4411B	12	100	木谷
391	高精度スピンスタンド	協同電子システム	LS1000/500PS-II K	16	2,450	木谷
392	GPIO直流電源装置	菊水電子	PB x 40-5	5	260	神田
393	磁気抵抗測定装置	ハヤマ	MRMS-10K	20	3,700	鈴木
394	スイッチ・マトリックス	ケースレーインズツルメツ株式会社	4200-UL-LS-12	21	100	鈴木
395	バラシングマシン	長浜製作所	RI00/RI0/RS1	16	320	森
396	スポット溶接機	松下電器	YG501SPF	5	300	丹
397	小型旋盤	エムコ社	コンバクト8	5	580	櫻田
398	立型帯鋸盤	ラクソー	VWS-55	5	280	櫻田
399	高速カメラ	(株)ディテクト	HAS-D3M	25	100	近藤(祐)
400	偏光顕微鏡	オリンパス光学工業(株)	BHS-751-P型	S62	100	梁瀬
401	ワードジェネレーター	HP	HP8110A	7	100	梁瀬
402	顕微鏡用デジタルカメラ	ニコン	DS-Fi1	19	100	梁瀬
403	高フレームレートカメラ	Point Grey Research	Dragonfly Express DX-BW-CS	20	100	梁瀬
404	高性能LD光源	メスダグリオ	56RCS002/HV	21	100	梁瀬
405	色彩輝度計	コニカミノルタ	分光フイティング方式 CS-200	25	130	梁瀬
406	液晶配向シミュレータ	シンテック(株)	LCD MASTER 3D	18	190	梁瀬
407	ラビング装置	E.H.C(株)	MR-100	18	270	梁瀬
408	UV加圧硬化装置	E. H. C	MLP-320G	19	100	梁瀬
409	シール剤塗布装置	岩下エンジニアリング	Ez-ROBO5/ACCURA DG	20	100	梁瀬
410	アッペ屈折計	アタゴ	DR-M4/1550	21	100	梁瀬
411	ヘッド顕察用顕微鏡セット(ボアスコープ)	オリンパス	G080-034-090-55	5	100	梁瀬
412	光スペクトラムアナライザ	横河電機	AQ-6315B	16	330	梁瀬
413	B-Hルーブメータ(解析装置付き)	テスラ	MODEL4800 (解析装置:マイテック:高感度 M-VSM500R)	4	1,350	山川
414	ズーム顕微鏡	ユニオン光学(株)	DZ2-SH	9	230	山川
415	軟磁性用振動試験型磁気力計	マイテック	高感度 M-VSM500R	7	360	新宅
416	LCRメータ	HP	HP4284A	7	600	森
417	ファンクションゼネレータ	ソニーテクトロニクス	AFG2020	4	590	神田
418	標準電圧電流発生器	アドバンテクト	R6161	5	230	神田

No	名称等	製造元	仕様・品質等	購入年度 (平成)	使用料 (円/時間)	担当者
419	マルチメータ	HP	HP3458A	5	330	神田
420	アンプ付き電流プローブ	ソニーテクトロニクス	AM503S+op05	11	100	木谷
421	デジタルオシロスコープ	LeCroy	WR6051A	16	100	木谷
422	有限要素解析用計算システム	エムエスシーソフトウェア(株)	Marc2014AIT	26	1,600	荒川
423	インピーダンスアナライザ	HP	HP4291A	6	1,650	黒澤(孝)
424	カオス解析システム	コンピュータコンビニエンス		12	140	黒澤(孝)
425	誘電率測定フィクスチャ	Agilent	16453A	20	100	黒澤(孝)
426	デジタルオシロスコープ	レクログイジャパン	9354L	5	230	黒澤(孝)
427	大規模データ処理用並列分散計算クラスタリングシステム	IBM	eServer325	16	140	黒澤(孝)
428	スペクトラムアナライザ	アドバンテクト	R3361A	4	100	木谷
429	高周波連続可変フィルタ(H11導入)	エヌエフ回路設計ブロック	3660A	11	170	木谷
430	フォトリングラフ用クリーンオーブン	榎本化成	CSO-402BF	12	150	内田(勝)
431	アライナー用クリーンオーブン	三基計装株式会社	SCB-2-201520	21	100	内田(勝)
432	スピニングター	ミカサ株式会社	MS-A150	21	130	内田(勝)

秋田県産業技術センター  
業務年報

2015年(平成27年度)

編集・発行：秋田県産業技術センター

〒010-1623

秋田県秋田市新屋町字砂奴寄4番地の11

あきたけん あきたし あらやまち あざさぬき

TEL 018-862-3414

FAX 018-865-3949

E-mail : [soudanshitu@rdc.pref.akita.jp](mailto:soudanshitu@rdc.pref.akita.jp)

Home page : <http://www.rdc.pref.akita.jp/>

